

УДК 631.24.012.122.

**МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ТОКОВ, ЭЛЕВАТОРОВ,
ХЛЕБОПРИЕМНЫХ ПУНКТОВ И ПЕРЕВОЗОК ЗЕРНА****И.В.Чудновский**

В настоящее время получили большое распространение много-этапные схемы решения задач размещения. Особенно эти схемы имеют значение для тех отраслей, где транспортный фактор играет существенную роль. В этих отраслях при недооценке транспортного фактора может оказаться чрезмерной концентрация производства в некоторых районах, его переоценка может привести к излишнему рассредоточению производства.

В 1964-1965 гг. автор принимал участие в работе Сибирского филиала ВНИИЗ по рационализации потоков хлебных грузов в Обь-Иртышском бассейне и по улучшению размещения предприятий по хранению и переработке зерна в Новосибирской области. Работа проводилась по рекомендации Государственного комитета заготовок.

Отрасль хлебозаготовок является такой отраслью, на деятельность которой сильно влияет работа автотранспорта, водного транспорта и железнодорожного транспорта.

Действительно, большое количество автомобилей из различных отраслей народного хозяйства участвуют в заготовительной компании, в результате чего народное хозяйство несет дополнительные расходы. Большая часть хлеба, заготавливаемая в приречных пунктах, вынуждена храниться в межнавигационный период в ожидании начала перевозок или вывозиться автотранспортом в зимний период. Недостаточное развитие складской емкости и большой объем вывоза зерна на железнодорожные пункты ставит в зависимость их

работу от работы железной дороги. Поэтому рационализация структуры хлебозаготовительной сети и её связи с работой разных видов транспорта (в том числе в схеме транзитных перевозок) является актуальной задачей.

Исследование размещения элеваторно-складской сети позволяет правильно определить формирование как направления, так и величины грузопотоков и в результате снизить народнохозяйственные затраты на транспортировку от пунктов производства до пунктов потребления.

Экономическая постановка рассматриваемой задачи следующая: при движении зерна от производителей ($i = 1, \dots, J$) к производственным потребителям его ($p = 1, \dots, P$) — мельницам, комбикормовым заводам и др. часть зерна может из-под комбайнов направляться на токи ($j = 1, \dots, J$), а оттуда на линейные пункты (железнодорожные и водные). Часть зерна может направляться из-под комбайнов в глубинные пункты временного хранения зерна ($l = 1, \dots, L$), а затем в линейные пункты ($m = 1, \dots, M$) во 2 периоде заготовок; или же минуя глубинные пункты, прямо на линейные. Из линейных пунктов (ж/д-оружных и причерных) зерно поступает потребителям. Задача заключается в том, чтобы определить, какая часть от всего объема заготовленного зерна и по каким звеньям должна проходить при движении зерна к потребителю, так чтобы затраты народного хозяйства по доведению зерна до потребителей были минимальны. Оптимальное распределение потоков зерна определяет и оптимальное расположение и емкости элеваторов, токов, перевалочных баз и т.д. Заготовительный год подразделяется на 2 периода $[t_1, t_2]$ первый период равен продолжительности уборки урожая, второй период — от конца уборки урожая данного года до начала уборки урожая следующего года. Процесс перевозок можно представить схемой направления грузопотоков зерна по периодам заготовок (схема I).

Такая структура и порядок работы хлебоприемной сети обусловливается необходимостью обеспечивать на одинаковом уровне очистку, сумку, хранение, разделение по качественным и сортовым группам любой части заготовленного зерна. Рассмотрим математическую постановку задачи. Пусть A_i — объемы заготовок зерна у производителей (в тыс. тонн); B_j — пропускные способности механизированных токов — существующих,

вариантов расширения существующих и новых проектируемых до конца плавового периода (в тыс. тонн); S_ℓ - емкости глубинных пунктов (существующие, варианты расширения и проектируемые новые); D_m - емкости железнодорожных и приречных пунктов (в том числе варианты, требующие капитальных затрат); E_p - годовые потребности потребителей (в тыс. тонн) в зерне на конец планируемого периода; U_m - предельный объем вывоза зерна из m -го м/д пункта или приречного в I период заготовок; V - суммарный объем вывоза зерна из м/д пунктов и приречных в I период заготовок. Предполагается, что остальное заготовленное зерно из пунктов вывозится во 2 период. Движение зерна, связанное с изменением и пополнением переходящего запаса прошлых лет исключается, ввиду того, что переходящий запас предполагается незначительным по сравнению с объемом заготовок. В решенной задаче, однако, движение запаса учитывалось в рамках многоэтапной схемы.

Пусть переменные x_{ij}^1 определяют объем перевозок зерна с поля i производителя на j ток, $x_{i\ell}^2$ - то же от i -го производителя на ℓ глубинный пункт; x_{im}^3 - от i производителя на m линейный пункт (м/д или водный), x_{jm}^4 - объемы перевозок зерна от j -тока к m линейному пункту. Все переменные x относятся к I периоду заготовок. Переменные z также относятся к первому периоду заготовок: z_{im}^1 - объемы вывоза из m линейного пункта зерна, идущего от i производителя (из-под комбайна); z_{jm}^2 - объемы вывоза из m линейного пункта зерна, идущего из j механизированного тока. Переменные h_{jm}^2 - объемы вывоза зерна во 2 период из j тока на m линейный пункт; h_{em}^2 - объемы вывоза зерна во 2 период из ℓ глубинного пункта на m линейный пункт;

h_{mp}^3 - вывоз зерна во 2 период из m линейного пункта p потребителю (конечному); x_{mp}^3 , x_{mp}^5 - объемы зерна, идущие из m пункта p потребителю в I период заготовок. Теперь ограничения задачи запишутся следующим образом (все переменные больше, либо равны нулю):

- 1) $\sum_i x_{ij}^1 = B_j; j=1, 2, \dots, J.$
- 2) $\sum_m x_{im}^3 + \sum_j x_{ij}^1 + \sum_\ell x_{i\ell}^2 \leq A_i, i=1, 2, \dots, I.$
- 3) $\sum_\ell x_{i\ell}^2 \leq S_\ell, \ell=1, 2, \dots, L.$

- 4) $\sum_j x_{jm}^4 + \sum_i x_{im}^3 \leq D_m, m=1, 2, \dots, M,$
- 5) $\sum_j z_{jm}^2 + \sum_i z_{im}^1 \leq v_m, m=1, 2, \dots, M,$
- 6) $\sum_{j,m} z_{jm}^2 + \sum_{i,m} z_{im}^1 = V,$
- 7) $\sum_j h_{jm}^1 + \sum_l h_{lm}^2 \leq D_m, m=1, 2, \dots, M,$
- 8) $\sum_m z_{mp}^3 + \sum_m x_{mp}^5 + \sum_m h_{mp}^3 \geq E_p, p=1, 2, \dots, P,$
- 9) $\sum_m x_{jm}^4 + \sum_m z_{jm}^2 + \sum_m h_{jm}^1 \leq B_j, j=1, 2, \dots, J,$
- 10) $\sum_m h_{lm}^2 \leq S_l, l=1, 2, \dots, L,$
- 11) $\sum_p x_{mp}^5 \leq D_m, m=1, 2, \dots, M,$
- 12) $\sum_p z_{mp}^3 \leq v_m, m=1, 2, \dots, M,$
- 13) $\sum_p h_{mp}^3 \leq D_m, m=1, 2, \dots, M,$
- 14) $\sum_{m,p} z_{mp}^3 = \sum_{i,m} z_{im}^1 + \sum_{j,m} z_{jm}^2,$
- 15) $\sum_{m,p} x_{mp}^5 = \sum_{i,m} x_{im}^3 + \sum_{j,m} x_{jm}^4,$
- 16) $\sum_{m,p} h_{mp}^3 = \sum_{j,m} h_{jm}^1 + \sum_{l,m} h_{lm}^2.$

Данные ограничения составляют ограничения транспортной задачи с одним дополнительным - 6) $\sum_{j,m} z_{jm}^2 + \sum_{i,m} z_{im}^1 = V$. Запись задачи как "многоэтапной" схемы В.А.Маша приведена на стр. 144. Транспортный "блок" рассматриваемой задачи содержит

600 ограничений. Данная транспортная задача решалась по программе М.Иковлевой [1]. Учет дополнительного ограничения 6) осуществлялся по схеме, рассмотренной в [2]. Анализ решения задачи позволил сделать ряд существенных выводов о схеме оптимального (в смысле минимума приведенных затрат) размещения хлебоприемной сети и перевозок хлебных грузов в Новосибирской области и прилегающих районах Э. Сибири.

Следует остановиться на анализе о.о. оценок решения и в связи с этим на построении тарифов на перевозки зерна и хлебных грузов.

Следует отметить, что тарифная ставка на перевозку зерна велика, особенно при водных перевозках. С ростом пробега се-

бестоимость T -км убывает на водном транспорте примерно одинаково и даже быстрее, чем на железнодорожном, а рентабельность тарифов на водном транспорте для одних и тех же расстояний в среднем выше, чем на ж/дорожном в 2 раза. Так, по Обскому пароходству рентабельность тарифов составляет в среднем 50%, по малым рекам 300%. На железнодорожном транспорте средняя рентабельность перевозок зерна составляет 20%, автотранспорте 35 - 40 %. Понижение среднего уровня рентабельности тарифов на водном транспорте стимулировало бы увеличение перевозок водным транспортом хлебных грузов.

Для более объективных обоснований уровня прибыли при построении тарифов на перевозки зерна (и других массовых грузов) в рамках рассматриваемой модели можно провести расчет модели по тарифам, построенным с учетом оценок затрачиваемых дефицитных ресурсов, рент по местоположению и т.д., полученных из рассмотрения более общей модели перевозок. Тогда для способов, вошедших в оптимальный план рассматриваемой модели размещения хлебоприемной сети, уровень транспортной прибыли можно оставить равным расчетному (с включением оценок), а для способов, не вошедших в оптимальный план, уровень прибыли должен быть понижен на величину $\pi_s - \pi_k - c_{sk}$, где π_s, π_k - оценки ограничений задачи, c_{sk} - уровень тарифа на маршруте (SK) с учетом народнохозяйственной прибыли (оценок). При включении в себестоимость перевозок также затрат по оценкам не вошедшие в оптимальный план способы будут получать таким образом более низкий уровень прибыли оставляемой в транспортном хозяйстве, т.к. объем отчислений в бюджет для них не будет уменьшен.

Включение оценок в затраты и тарифы приведет к тому, что тарифы, сохраняя различие их уровней, связанное с различием затрат - в зависимости от вида транспорта, объема перевозок, направлений перевозок, - будут давать уровень прибыли для самих транспортных организаций, не превышающий определенной границы, примерно одинаковой для всех видов транспорта (для данного вида грузов). Включение оценок будет сохранять более высокий уровень тарифов для перевозок в малоосвоенных районах, т.к. для последних высок уровень начальных капиталовложений при их транспортном освоении. Существующие различные уровни рентабельности для перевозок одних и тех же грузов

в разных пароходствах при учете оценок в тарифах и себестоимости перевозок будут сглажены, т.е. вывод о необходимости уравнивания рентабельности тарифов для разных видов транспорта сохраняется и для одного и того же вида транспорта в разных экономических районах.

Решение задачи планирования размещения производства и перевозок зерна должно проводиться поэтапно, т.е. можно выделить 2 этапа, на которые, естественно, распадается процесс планирования.

Первым этапом рассматривается задача размещения и структуры посевных площадей зерновых в комплексе с другими культурами, причем ограничения по плановой сдаче и по закупкам зерновых вводятся здесь агрегированно - одно ограничение по всем зерновым или ряд ограничений по укрупненным группам зерновых.

Более общо, на первом этапе может быть рассмотрен план производства основных продуктов растениеводства и животноводства (в агрегированной, упрощенной постановке) по районам с/х производства в масштабе области. Критерием оптимальности такого плана может служить достижение минимума непосредственных затрат (или прибыли). На втором этапе при решении задачи о размещении сети хлебоприемных предприятий можно учесть оценки затрачиваемых ресурсов при производстве зерна - лучших земель, воды при необходимости орошения, техники, труда. Такой учет осуществляется путем (на 2 этапе) введения в критерий оптимальности не только затрат заготовительных организаций на содержание сети и транспорт, но и стоимостных оценок заготавливаемого или закупаемого зерна. Важнейшим моментом здесь является учет в оптимальных закупочных и заготовительных ценах рентных плательщиков (оценки земли), дифференцированных в зависимости от природно-экономических условий производства. Таким образом, возможна комплексная оценка эффективности размещения заготовительной сети и перевозок зерна не только с учетом непосредственных затрат, но и с учетом оценок затрат дефицитных ресурсов в других отраслях, связанных с производством зерна. В рассматриваемой задаче возможен учет решений одного этапа в качестве ограничений следующего этапа. Так, оптимальные объемы производства зерна по районам могут выступать как ограничения на втором этапе расчетов, например, при уточнении верхних границ объемов заготовок и закупок по каждому району. На этой

основе имеется возможность правильнее решить вопрос о распределении заготовок и закупок зерна по районам на перспективу.

В рассматриваемой задаче размещения автором детально анализировался вопрос о закрытии или сохранении емкостей существующих хлебоприемных пунктов. Сначала была рассмотрена модель размещения, в которой емкости морально изношенных и устаревших хлебоприемных пунктов не были выделены. Решение этой модели сопоставлялось с решением, в котором емкость существующих морально изношенных пунктов была выделена и было поставлено условие, что она сохраняется полностью. В результате подобного сопоставления неэффективность сохранения существующих морально изношенных и устаревших деревянных и деревянных на каменном фундаменте емкостей выражалась в увеличении приведенных затрат на каждую тысячу тонн заготавливаемого зерна на 5 - 6 руб. Наконец, был рассмотрен вариант размещения (который был принят за окончательный), в котором емкости морально и физически устаревших пунктов (или морально и физически устаревшие емкости на пунктах) были выделены и себестоимость обработки и хранения 1 тыс. тонн зерна на них была увеличена на оценку единичных дополнительных затрат по каждому пункту, связанных с сохранением морально изношенных емкостей, т.е. примерно с 6 - 7 до 11 - 12 рублей в среднем на 1 тыс. тонн. Последний план дал снижение эксплуатационных затрат, а также капитальных вложений на 3 млн. руб. по сравнению с первоначальным вариантом оптимального плана, в котором емкости, морально и физически устаревшие, оценивались только по себестоимости (без использования оценок).

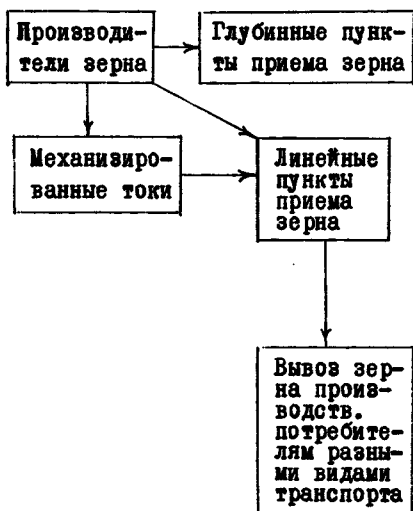
Таким образом, более полный учет всего комплекса затрат, связанного с функционированием системы заготовок с/х продукции, позволяет получать на каждом этапе расчетов согласованные решения с точки зрения достижения глобального минимума затрат на производство, заготовки и потребление с/х продукции. Хотя методика поэтапного моделирования не вполне теоретически обоснованна, ясно, что путь получения экономически более эффективных решений с точки зрения народного хозяйства проходит через разработку системы моделей, каждая из которых определяет отдельные существенные стороны процесса. Разработка системы моделей сопровождается разумной агрегацией ресурсов, объектов планирования и т.д., определяемой ограничен-

ностью объема информации, а также возможностями программ ЭВМ.

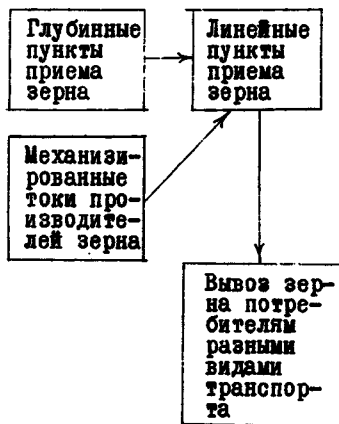
При учете возрастания неопределенности поведения систем с увеличением срока планирования необходимо более полно учитывать производственные межотраслевые и внутриотраслевые связи.

Схема I.

I период заготовок
(Продолжительность 1-2 месяца)



II период заготовок
(Продолжительность 10 - 11 месяцев)



Л и т е р а т у р а

1. Яковлева М.А., Программа для решения транспортной задачи, "Оптимальное планирование", №6, Новосибирск, 1966.
2. Колесов Л.И., Чудновский И.В., Опыт анализа плана перевозок лесных грузов в З. Сибири методом линейного программирования. Материалы конференции. Новосибирск, 1962.

Поступила в ред.-изд. отд.
20.4.1972.

СХЕМА ОГРАНИЧЕНИЙ ЗАДАЧИ

Критерий оптимальности:

$$\sum_{i,j} C_{ij} x_{ij}^1 + \sum_{i,l} d_{il} x_{il}^2 + \sum_{i,m} P_{im} x_{im}^3 + \dots + \sum_{m,p} q_{mp} x_{mp}^5 + \dots + \sum_{m,p} S_{mp} h_{mp}^3 \rightarrow \min$$

Дополнительное ограничение:

$$\sum_{d,m} x_{dm}^2 + \sum_{i,m} x_{im}^1 = V$$

Транспортный "блок"

	x_{ij}^1	x_{il}^2	x_{im}^3	x_{im}^1	x_{jm}^2	A_i
B_j			x_{jm}^4		h_{jm}^1	B_j
S_e					h_{em}^2	S_e
D_m						D_m
U_m						U_m
D_m						D_m

B_j, S_e, D_m, U_m, D_m

$C_{ij}, d_{il}, P_{im}, \dots$ — удельные приведенные затраты.