УДК 658.5:656

ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

© 2015 г. Н. В. Напхоненко

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

Рассмотрены основные схемы организации доставки сельскохозяйственной продукции от производителя к местам ее потребления; предложена математическая постановка задачи оптимизации системы перевозок овощей в логистическом комплексе; приведены методики расчета основных характеристик процесса.

Ключевые слова: схема перевозок, приемно-сортировочный пункт, логистический подход; уборочно-транспортно-реализационный комплекс; транспортные средства.

Author analyzed the basic schemes of the organizational measure for the logistics of the agricultural products from the farming community to the customers. A mathematical problem statement for the optimization of the vegetables transportation system in the logistics complex is presented. The account method for this processes' features is given.

Ключевые слова: transportation scheme; run-out-and-sorting yard; logistic approach; complex for harvesting, transportation and selling; transport vehicle.

Характерными чертами функционирования автомобильного транспорта в условиях рыночной экономики являются такие объективные обстоятельства, как новые экономические условия работы транспорта и потребителей его услуг, формирование рынка услуг транспорта, усиление конкуренции между предприятиями и отдельными видами транспорта. Особенно обострили проблему реформирования транспортной системы и разработки новых подходов к организации работы и управлению ею кризисные явления.

Следует подчеркнуть, что к услугам транспорта следует относить не только перевозку грузов, но и любую операцию, не входящую в состав перевозочного процесса, но связанную с его подготовкой и осуществлением — упаковка и погрузка-разгрузка грузов, их пакетирование и маркировка, промежуточное хранение и пр. В современных условиях этот перечень услуг необходимо дополнить маркетинговыми, коммерческими, информационными услугами, услугами страхования и т.п. При этом автотранспорт,

осуществляющий перевозки грузов для производственных предприятий различных отраслей, в том числе и сельского хозяйства, входит в состав системы товародвижения, которая трактуется как логистика.

Актуальность логистического подхода к решению задач хозяйственной деятельности предприятий, занятых производством, переработкой и обеспечением сельскохозяйственными продуктами населения страны, обусловлена, прежде всего, переходом от рынка продавца к рынку покупателя, который требует гибкого реагирования производственных и торговых систем на быстро изменяющиеся приоритеты потребителей.

На автомобильном транспорте широкое применение получили задачи оптимального закрепления предприятий поставщиков за грузополучателями. При этом выбор оптимальных грузопотоков ограничен заданным размещением и технологической характеристикой корреспондирующих производственных объектов. В таких задачах существует лишь прямая связь этих объектов с грузопо-

токами, а критерий оптимальности должен обеспечить минимальные расходы на доставку грузов.

При решении этой задачи значительный экономический эффект может быть достигнут при включении нового звена в систему доставки сельскохозяйственных грузов потребителю — «приемно-сортировочный пункт (ПСП)». Речь идет о создании в регионах или в составе крупных сельскохозяйственных предприятий на базе их транспортных подразделений, в достаточной степени оснащенных подвижным составом и погрузочноразгрузочным оборудованием, а также необходимыми подъездными путями, объектов, на которых будет производиться сортировка продукции, формирование партий, при необходимости первичная переработка овощей (например, переработка томатов в пульпу) и т. п. Поэтому правомерно предположить наличие обратной связи — воздействие грузопотоков на рациональное расположение, мощность и режим работы ПСП, который при осуществлении перевозок грузов по выбранной схеме становится главным корреспондентом.

Рассмотрим возможные схемы осуществления перевозок овощей:

1. На участке поле — ПСП (рис. 1) целесообразно использовать транспортные средства сельскохозяйственных предприятий, в основном тракторы с прицепами и автомобили малой грузоподъемности. В случае недостаточного количества таких автомобилей в колхозах и фермерских хозяйствах (в дальнейшем именуются «предприятия СХ») к перевозкам привлекаются автомобили сторонних организаций и частных владельцев. Таким образом, доставка овощей на ПСП характеризуется схемами движения транспортных средств I–III (рис. 1).

Различие схем II и III состоит в том, что на период выполнения перевозок овощей на рассматриваемом маршруте подвижной состав автотранспортных предприятий (АТП) в первом случае закрепляются за сельскохозяйственными объектами, а во втором — за ПСП. Перевозки на маршруте поле — ПСП носят внутрихозяйственный характер.

2. В этом случае с ПСП овощи доставляются непосредственно получателю. К перевозкам привлекаются транспортные сред-

ства независимо от их ведомственной принадлежности. Для них характерны схемы движения IV–VII (рис. 1).

При этом транспортные средства в течение планового периода подаются под загрузку на прикрепленный ПСП, а по окончанию периода уборки урожая они возвращаются к месту постоянного базирования.

Только для схемы IV (рис. 1) начальная и конечная ездки носят внутрихозяйственный характер, все другие осуществляются вне зоны производства.

3. При достаточном качестве товарной продукции, что имеет место, например, при ручном и полумеханизированном способах уборки, когда возможно совмещение процессов уборки и сортировки, допустимо некоторые виды продуктов доставлять получателям по прямому варианту — непосредственно с поля, но при условии ее приема получателем. Соответствующие схемы движения транспортных средств VIII—XI изображены на рис. 1.

Основу решения задачи оптимизации процесса перевозок в УТР комплексе составляет оптимизационная многофакторная экономико-математическая модель (ЭММ). Она является громоздкой и трудоемкой в плане сбора и подготовки первичной информации. В то же время предлагаемая модель универсальна и пригодна для многократного использования. В результате ее реализации возможно:

- 1) определить рациональные места размещения и мощность ПСП;
- 2) рассчитать количество подвижного состава автомобильного транспорта, необходимое для выполнения перевозок овощей в полном объеме при условии оптимального закрепления получателей за поставщиками продукции и оптимального распределения имеющихся транспортных средств по всем схемам перевозок.

Первая из этих задач решается один раз — при проектировании размещения ПСП в данном регионе, а вторая — по мере необходимости, для любого планового периода. При этом значительный объем исходной информации остается неизменным от периода к периоду.

Математическая постановка задачи оптимизации процесса перевозок овощей в системе УТР состоит в следующем: годовой объем

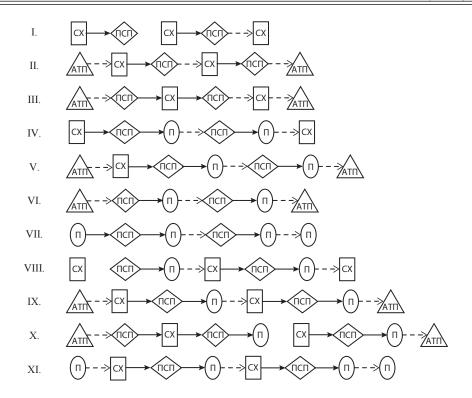


Рис. 1. Схема движения транспортных средств различных владельцев в системе УТР комплекса. Условные обозначения: ☐ — предприятия СХ; ☐ — получатель; ☐ — ПСП; ☐ — АТП; — перевозки овощей; — — перевозки тары и порожний пробег подвижного состава

производства p видов овощей (p=1...P) в κ предприятий СХ данного региона ($\kappa=1...K$) составляет Q:

$$Q = \sum_{\kappa=1}^K \sum_{n=1}^P Q_{\kappa p} ,$$

где $Q_{_{\!\kappa p}}$ — годовой объем производства p-й культуры в κ -м предприятии, т.

Овощи должны быть доставлены n получателям (n = 1...N).

Для осуществления перевозок овощей в полном объеме используются транспортные средства предприятий СХ, а также других автовладельцев.

Тогда участники УТР комплекса располагают транспортными средствами s-го типа (s=1...S) в количестве $A_{\kappa s}$, A_{ns} , A_{js} единиц соответственно в κ -ом колхозе (фермерском хозяйстве), у n-го получателя и на j-м АТП.

Загрузка транспортных средств осуществляется непосредственно на поле, плантации или на i ПСП (i = 1...I), расположение которых заранее определено.

Характерной особенностью систем движения подвижного состава АТП является наличие нулевых пробегов в начале и в конце периода закрепления. В связи с тем, что нулевые пробеги несравненно меньше расстояния, которое подвижной состав выполняет на маршруте перевозок в течение периода выполнения перевозок, при построении ЭММ ими можно пренебречь.

Период уборки урожая в зависимости от интенсивности проведения уборочных работ и, следовательно, поступление овощей на ПСП, разделяется на t периодов (t=1...T) по D дней. Обычно при планировании сельскохозяйственного производства D принимают равным 10 дням, т. е. D=10.

Процесс перевозок характеризуется рядом параметров. Основными из них являются: потребное количество подвижного состава, необходимое для выполнения перевозок в полном объеме; количество ездок всех типов транспортных средств по каждой схеме и соответствующая выработка в расчете на одну ездку при перевозках различных видов овощей; затраты на перевозку 1 т продукции на маршруте и др.

Для построения ЭММ процесса перевозок в УТР комплексе введены следующие обозначения: $x_{\kappa isp}^{lt}$, $x_{j\kappa isp}^{Ilt}$, $x_{n\kappa isp}^{Ilt}$ — количество ездок по I—XI технологической схеме s-го типа (рис. 1) транспортных средств в течение t-го периода уборки урожая p-го вида овощей (s = = 1...S, t = 1...T, p = 1...P); x_{tsp} — количество ездок транспортных средств s-го типа по схеме перевозок τ . Рассчитывается как отношение объемов перевозок по данной схеме к выработке применяемого типа подвижного состава:

$$x_{\tau sp} = \frac{Q_{\tau}}{q_s \gamma_{sp}},$$

где Q_{τ} — объем перевозок овощей по каждой схеме перевозок, т; q_s — грузоподъемность s-го типа транспортных средств, т; γ_{sp} — коэффициент использования грузоподъемности с учетом объема кузова s-го типа транспортных средств при перевозках p-ой культуры; W_{sp} — средняя производительность s-го типа транспортных средств в расчете на одну ездку на перевозках p-го вида овощей на каждом маршруте, т:

$$W_{sp} = q_{sp}\gamma_{sp},$$

$$\gamma_{sp} = \frac{1}{q_s} \min\{q_s, Q_s \delta_p\},$$
(1)

где Q_s — объем кузова автомобиля или трактора s-го типа, M^3 ; δ_p — объемная масса перевозимого груза, M^3 /т.

Количество ездок, которое может выполнить s-й тип подвижного состава на каждом маршруте перевозок за t-й период определяется, по формуле:

$$n_s = \frac{D\alpha T_{\text{\tiny M}}\beta v_{\tau_s}}{l_{\text{\tiny er}} + t_{\text{\tiny IDD}}, v_{\tau_s}\beta},$$

где $l_{\rm er}$ — пробег с грузом, км.

Тогда по всем маршрутам потребное количество транспортных средств для осуществления перевозок в необходимом объеме в каждый период проведения уборочных работ рассчитывается по формулам:

$$A_{\kappa isp}^{\mathrm{I}t} = \frac{x_{\kappa isp}^{\mathrm{I}t} \left(l_{\mathrm{er}}^{\mathrm{I}} + t_{\mathrm{mp}_{s}} \upsilon_{\tau_{s}} \beta^{\mathrm{I}} \right)}{D \alpha T_{\mathrm{u}} \upsilon_{\tau_{s}} \beta^{\mathrm{I}}}; \tag{2}$$

$$A_{j\kappa isp}^{\text{II}t} = \frac{x_{j\kappa isp}^{\text{II}t} \left(l_{\text{er}}^{\text{II}} + t_{\text{np}_s} \upsilon_{\tau_s} \beta^{\text{II}} \right)}{D\alpha T_{n} \upsilon_{\tau} \beta^{\text{II}}};$$
 (3)

$$A_{jiksp}^{\text{III}t} = \frac{x_{jiksp}^{\text{III}t} \left(l_{\text{er}}^{\text{III}} + t_{\text{np}_s} \upsilon_{\tau_s} \beta^{\text{III}} \right)}{D\alpha T_n \upsilon_{\tau} \beta^{\text{III}}}; \tag{4}$$

$$A_{kinsp}^{IVt} = \frac{x_{kinsp}^{IVt} \left(l_{er}^{IV} + t_{np_s} \upsilon_{\tau_s} \beta^{IV} \right)}{D\alpha T_{H} \upsilon_{\tau} \beta^{IV}};$$
 (5)

$$A_{jkinsp}^{Vt} = \frac{x_{jkinsp}^{Vt} \left(l_{er}^{V} + t_{np_s} \upsilon_{\tau_s} \beta^{V} \right)}{D\alpha T_{H} \upsilon_{\tau} \beta^{V}};$$
 (6)

$$A_{jinsp}^{VIt} = \frac{x_{jinsp}^{VIt} \left(l_{er}^{VI} + t_{np_s} \upsilon_{\tau_s} \beta^{VI} \right)}{D\alpha T_{H} \upsilon_{\tau} \beta^{VI}};$$
 (7)

$$A_{nisp}^{\text{VII}t} = \frac{x_{nisp}^{\text{VII}t} \left(l_{\text{er}}^{\text{VII}} + t_{\text{np}_s} \upsilon_{\tau_s} \beta^{\text{VII}} \right)}{D\alpha T_{n} \upsilon_{\tau} \beta^{\text{VII}}};$$
 (8)

$$A_{\kappa insp}^{\text{VIII}t} = \frac{x_{\kappa insp}^{\text{VIII}t} \left(l_{\text{er}}^{\text{VIII}} + t_{\text{np}_s} \upsilon_{\tau_s} \beta^{\text{VIII}} \right)}{D \alpha T_{\text{H}} \upsilon_{\tau} \beta^{\text{VIII}}}; \tag{9}$$

$$A_{j\kappa insp}^{\mathrm{IX}t} = \frac{x_{j\kappa insp}^{\mathrm{IX}t} \left(l_{\mathrm{er}}^{\mathrm{IX}} + t_{\mathrm{np}_{s}} \upsilon_{\tau_{s}} \beta^{\mathrm{IX}} \right)}{D \alpha T_{\mathrm{H}} \upsilon_{\tau_{s}} \beta^{\mathrm{IX}}}; \qquad (10)$$

$$A_{ji\kappa nsp}^{Xt} = \frac{x_{ji\kappa nsp}^{Xt} \left(l_{er}^{X} + t_{np_s} \upsilon_{\tau_s} \beta^{X} \right)}{D\alpha T_{H} \upsilon_{\tau_s} \beta^{X}};$$
 (11)

$$A_{n\kappa isp}^{XIt} = \frac{x_{n\kappa isp}^{XIt} \left(l_{er}^{XI} + t_{rnp_s} \upsilon_{\tau_s} \beta^{XI} \right)}{D\alpha T_{H} \upsilon_{\tau} \beta^{XI}}, \qquad (12)$$

где β^h — коэффициент использования пробега на h маршруте перевозок, (h=1...H); $t_{\rm пp}_{\rm s}$ — время на погрузку-разгрузку транспортного средства s-го типа за одну ездку, час; $l_{\rm er}^h$ — длина ездки на соответствующем h маршруте перевозок (h=1...H), км; $T_{\rm h}$ — время в наряде, час; α — коэффициент выпуска на линию.

Если через a_s^{ht} обозначить величину, обратную максимально возможному количеству ездок транспортных средств s-го типа

$$a_s^{ht} = \frac{1}{n_{sh}} \tag{13}$$

на соответствующем маршруте перевозок,

то формулы (2)–(12) примут следующий вид:

$$\begin{split} A_{\kappa isp}^{\mathrm{I}t} &= a_s^{\mathrm{I}t} x_{\kappa isp}^{\mathrm{I}t} \; ; \; A_{j\kappa isp}^{\mathrm{II}t} = a_s^{\mathrm{II}t} x_{j\kappa isp}^{\mathrm{II}t} \; ; \\ A_{ji\kappa sp}^{\mathrm{III}t} &= a_s^{\mathrm{III}t} x_{ji\kappa sp}^{\mathrm{III}t} \; ; \; A_{\kappa insp}^{\mathrm{IV}t} = a_s^{\mathrm{IV}t} x_{\kappa insp}^{\mathrm{IV}t} \; ; \\ A_{j\kappa insp}^{\mathrm{V}t} &= a_s^{\mathrm{V}t} x_{j\kappa insp}^{\mathrm{V}t} \; ; \; A_{jinsp}^{\mathrm{VI}t} = a_s^{\mathrm{VI}t} x_{jinsp}^{\mathrm{VI}t} \; ; \\ A_{nisp}^{\mathrm{VII}t} &= a_s^{\mathrm{VII}t} x_{nisp}^{\mathrm{VII}t} \; ; \; A_{\kappa insp}^{\mathrm{VIII}t} = a_s^{\mathrm{VIII}t} x_{\kappa insp}^{\mathrm{VIII}t} \; ; \\ A_{j\kappa insp}^{\mathrm{IX}t} &= a_s^{\mathrm{IX}t} x_{j\kappa insp}^{\mathrm{IX}t} \; ; \; A_{ji\kappa nsp}^{\mathrm{X}t} = a_s^{\mathrm{X}t} x_{j\kappa insp}^{\mathrm{X}t} \; ; \\ A_{n\kappa isp}^{\mathrm{XII}t} &= a_s^{\mathrm{XI}t} x_{n\kappa isp}^{\mathrm{X}tt} \; ; \; A_{n\kappa isp}^{\mathrm{X}t} \; ; \; A_{n\kappa isp}^{\mathrm{X}t} = a_s^{\mathrm{X}t} x_{n\kappa insp}^{\mathrm{X}tt} \; ; \end{split}$$

Величина затрат на перевозку 1 т продукции определяется следующими способами.

1.
$$C_{\tau_s} = \frac{C_{\kappa M_s} l_{er}^h}{\beta^h q_s \gamma_{sp}} + b_s, \text{ py6.}, \qquad (14)$$

где $C_{\text{км}_s}$ — сумма затрат на 1 км пробега s-го типа транспортных средств, руб./км; $l^h_{\text{еr}}$ — длина ездки, км; β^h — коэффициент использования пробега на j-м маршруте перевозок; b^s — коэффициент, соответствующий величине постоянных затрат по каждому типу транспортных средств, руб.

2.
$$C_{\tau_s} = \frac{C_{\text{vac}_s}}{W_{\text{vac}_s}^h}$$
, py6., (15)

где $C_{\text{час}_s}$ — затраты на 1 час работы s-го типа транспортного средства, руб.; $W^h_{\text{час}_s}$ — часовая производительность транспортного средства данного типа на соответствующем маршруте перевозок h (h=1...H), т.

3. В [1] для определения себестоимости перевозок тракторным транспортом рекомендуется формула:

$$S_{\tau_s} = \frac{\sum_{i=1}^{n} r_{kis} l_{er}^{h} + r_{\text{qac}_s} T_{\text{H}} D_x \alpha + r_{\text{B}_s} D_x}{Q} \left(1 + \frac{a_{\text{Hp}}}{100} \right), (16)$$

где $l_{\rm er}^h$ — пробег трактора за рассматриваемый период по дороге i-й категории или по полю, км; $r_{\rm kis}$ — переменные затраты на единицу пробега в зависимости от категории трассы, руб./км; $r_{\rm чac_s}$ — постоянные затраты, зависящие от отработанного времени, коп./час; $D_{\rm x}$ — количество дней в периоде; $r_{\rm B_s}$ — величина затрат, зависящих от календарного времени, руб./год; $a_{\rm hp}$ — общехозяйственные расходы по тракторному транспорту ($a_{\rm hp}$ = 3–4 %).

Обозначим $C_{\kappa isp}^{1t}$; $C_{j\kappa isp}^{1llt}$; $C_{ji\kappa sp}^{1llt}$; $C_{\kappa insp}^{1llt}$;

I.
$$\sum_{\kappa=1}^{K} \sum_{i=1}^{I} \sum_{s=1}^{S} \sum_{t=1}^{T} \sum_{p=1}^{P} C_{\kappa i s p}^{1} W_{s p} x_{\kappa i s p}^{1 t}; \qquad (17)$$

II.
$$\sum_{\kappa=1}^{K} \sum_{i=1}^{I} \sum_{n=1}^{N} \sum_{s=1}^{S} \sum_{t=1}^{T} \sum_{p=1}^{P} C_{j\kappa isp}^{II} W_{sp} x_{j\kappa isp}^{Ilt}; \qquad (18)$$

III.
$$\sum_{j=1}^{J} \sum_{i=1}^{I} \sum_{\kappa=1}^{K} \sum_{s=1}^{S} \sum_{t=1}^{T} \sum_{p=1}^{P} C_{ji\kappa sp}^{III} W_{ss} x_{ji\kappa sp}^{IIIt};$$
 (19)

IV.
$$\sum_{\kappa=1}^{K} \sum_{i=1}^{I} \sum_{p=1}^{P} \sum_{s=1}^{S} \sum_{t=1}^{T} \sum_{p=1}^{P} C_{\kappa insp}^{IV} W_{sp} x_{\kappa insp}^{IVt}; \qquad (20)$$

V.
$$\sum_{j=1}^{J} \sum_{\kappa=1}^{K} \sum_{i=1}^{I} \sum_{n=1}^{N} \sum_{s=1}^{S} \sum_{t=1}^{T} \sum_{p=1}^{P} A_{j\kappa insp}^{V} W_{sp} x_{j\kappa insp}^{Vt}; \quad (21)$$

VI.
$$\sum_{\kappa=1}^{K} \sum_{i=1}^{I} \sum_{s=1}^{S} \sum_{t=1}^{T} \sum_{p=1}^{P} C_{jinsp}^{VI} W_s x_{jinsp}^{VII};$$
 (22)

VII.
$$\sum_{n=1}^{N} \sum_{i=1}^{I} \sum_{s=1}^{S} \sum_{r=1}^{T} \sum_{n=1}^{P} C_{nisp}^{VII} W_s x_{nisp}^{VIIt};$$
 (23)

VIII
$$\sum_{\kappa=1}^{K} \sum_{i=1}^{I} \sum_{n=1}^{N} \sum_{s=1}^{S} \sum_{t=1}^{T} \sum_{p=1}^{P} C_{\kappa insp}^{VIII} W_{s} x_{\kappa insp}^{VIIIt} ;$$
 (24)

IX.
$$\sum_{j=1}^{J} \sum_{\kappa=1}^{K} \sum_{i=1}^{I} \sum_{n=1}^{N} \sum_{s=1}^{S} \sum_{t=1}^{T} \sum_{p=1}^{P} C_{j\kappa insp}^{1X} W_{s} x_{j\kappa insp}^{1Xt} ; \quad (25)$$

X.
$$\sum_{j=1}^{J} \sum_{\kappa=1}^{K} \sum_{i=1}^{I} \sum_{n=1}^{N} \sum_{s=1}^{S} \sum_{t=1}^{T} \sum_{p=1}^{P} C_{ji\kappa nsp}^{X} W_{s} x_{ji\kappa nsp}^{Xt}; \quad (26)$$

XI.
$$\sum_{n=1}^{N} \sum_{\kappa=1}^{K} \sum_{i=1}^{I} \sum_{s=1}^{S} \sum_{t=1}^{T} \sum_{p=1}^{P} C_{n\kappa isp}^{XI} W_{s} x_{n\kappa isp}^{XIt} .$$
 (27)

Важнейшей характеристикой ПСП является его суточная производительность Q_i максимально возможная масса овощей, которая может быть обработана за сутки (принята от поставщиков, отправлена грузополучателем, заложена на временное хранение) — годовая мощность. Q_i^t — масса овощей, обрабатываемых i-м ПСП (I=1...i) за сутки в t-й период планирования (T=1...t).

Для бесперебойной работы УТР комплекса необходимо, чтобы суточной производительности *i*-го ПСП было достаточно для обработки всех овощей, поступающих в период массовой уборки урожая.

Исходя из этого условия, суточная производительность ПСП рассчитывается по формуле:

$$Q_i = \max Q_i^t, \tag{28}$$

или

$$Q_i = \max Q^{t_{BB_i}}, \tag{28}$$

где $Q^{l_{BB_i}}$ — количество овощей, ввозимых за сутки на i-й ПСП в t-й период проведения уборочных работ, т.

Тогда годовая мощность ПСП определяется как масса овощей, проходящих через ПСП в период уборки урожая, и рассчитывается по формуле:

$$Q_i^t = Q_i DT.$$

Суммарная годовая мощность всех ПСП должна обеспечить обработку сельскохозяйственной продукции, выращенной в данном регионе по всей номенклатуре овощей. Поэтому

$$Q = \sum_{i=1}^{J} \sum_{t=1}^{T} \sum_{p=1}^{P} Q_{ip}^{t}$$
.

В каждый плановый период t на i-й ПСП может поступать груз в объеме $Q^t_{BB_i}$ т (ввоз), отгружаться $Q^t_{B_i}$ т овощей (вывоз) и закладываться на временное хранение $Q^t_{xp_i}$ т продукции. Следовательно,

если
$$t=1$$
, то $Q_{\mathrm{xp}_i}^1=Q_{\mathrm{BB}_i}^1-Q_{\mathrm{B}_i}^1$;
если $t=2$, то $Q_{\mathrm{xp}_i}^2=Q_{\mathrm{BB}_i}^2+Q_{\mathrm{xp}_i}^1-Q_{\mathrm{B}_i}^2$;
если $t=3$, то $Q_{\mathrm{xp}_i}^3=Q_{\mathrm{BB}_i}^3+Q_{\mathrm{xp}_i}^2-Q_{\mathrm{B}_i}^3$ и т.д.

Делаем подстановку:

$$\begin{aligned} Q_{\mathrm{xp}_{i}}^{2} &= Q_{\mathrm{BB}_{i}}^{2} + Q_{\mathrm{BB}_{i}}^{1} - Q_{\mathrm{B}_{i}}^{1} - Q_{\mathrm{B}_{i}}^{2} , \\ \\ Q_{\mathrm{xp}_{i}}^{3} &= Q_{\mathrm{BB}_{i}}^{3} + Q_{\mathrm{BB}_{i}}^{2} + Q_{\mathrm{BB}_{i}}^{3} - Q_{\mathrm{B}_{i}}^{1} - Q_{\mathrm{B}_{i}}^{2} - Q_{\mathrm{B}_{i}}^{3} \end{aligned},$$

В общем виде

$$Q_{xp_{i}}^{t} = \sum_{\tau=1}^{t} (Q_{BB_{i}}^{\tau} - Q_{B_{i}}^{\tau}).$$
 (29)

Введем $Q_{xp_i}^{npea} = const$ — предельная масса овощей, которую можно оставить ПСП на временное хранение в период массовой уборки урожая, т:

$$Q_{\rm xp.}^t = \xi Q_i$$

где $\xi \ge 0$ коэффициент, характеризующий долю объема предельного хранения овощей в зависимости от мощности ПСП (может быть равным 0,1; 0,3; 0,8; 1,3 и т. д.).

Тогда ($Q_{xp_i}^t \le Q_{xp_i}^{npeq}$) или с учетом формул 28) и (29)

$$\sum_{\tau=1}^{t} \left(Q_{\mathrm{BB}_i}^{\tau} - Q_{\mathrm{B}_i}^{\tau} \right) \leq \xi \max Q_{\mathrm{BB}_i}^{t}.$$

Количество овощей, ввозимых на i-й ПСП в t-й период уборки урожая, определяется для каждого i = 1...I по формуле

$$Q_{\text{BB}_{i}}^{t} = \sum_{\kappa=1}^{K} \sum_{s=1}^{S} \sum_{p=1}^{P} W_{sp} \left\{ x_{\kappa isp}^{\text{I}t} + \sum_{n=1}^{N} \left(x_{\kappa insp}^{\text{VIII}t} + A_{\kappa insp}^{\text{IV}t} + x_{\kappa insp}^{\text{XI}t} \right) + \sum_{n=1}^{J} \left[x_{j\kappa isp}^{\text{III}t} + x_{j\kappa insp}^{\text{III}t} + \sum_{j\kappa insp}^{N} \left(x_{j\kappa insp}^{\text{IX}t} + A_{j\kappa insp}^{\text{V}t} \right) + x_{j\kappa insp}^{\text{X}t} \right],$$

где $A^{\text{IV}t}_{\text{кілsp}}$, $A^{\text{V}t}_{\text{jkinsp}}$ — количество транспортных средств *s*-го типа, которые в *t*-м периоде использовались на соответствующих маршрутах перевозок.

Количество овощей, вывозимых через ПСП в места их реализации в t-й период уборки урожая, определяется по формуле

$$Q_{\mathrm{B}_{i}}^{t} = \sum_{n=1}^{N} \sum_{s=1}^{S} \sum_{p=1}^{P} W_{sp} \left\{ \sum_{\kappa=1}^{K} \left[x_{\kappa insp}^{\mathrm{VIII}t} + x_{\kappa insp}^{\mathrm{IV}t} + x_{\kappa insp}^{\mathrm{XI}t} + x_{\kappa insp}^{\mathrm{XI}t} + \sum_{j=1}^{J} \left(x_{j\kappa insp}^{\mathrm{IX}t} + x_{j\kappa insp}^{\mathrm{V}t} + x_{j\kappa insp}^{\mathrm{X}t} + x_{jinsp}^{\mathrm{VI}t} \right) \right] + x_{nisp}^{\mathrm{VII}t} \right\},$$

для каждого i = 1...I.

Таким образом, проведена подготовительная работа для непосредственного построения оптимизационной экономико-математической модели процесса перевозок овощей в УТР комплексе; приведены методики расчета необходимых для этого основных характеристик процесса.

При построении модели исходим из следующих постулатов.

1. Доставку овощей с полей и плантаций

на ПСП целесообразно выполнять транспортными средствами на тракторной тяге, а также подвижным составом автомобильного транспорта предприятий СХ.

При недостатке собственных транспортных средств в колхозах и фермерских хозяйствах рассчитывается недостающее количество автомобилей, которое необходимо привлечь из других источников для использования на внутрихозяйственных перевозках.

Решение задачи оптимального закрепления производителей сельскохозяйственной продукции за ее получателями, с учетом выбранной технологии перевозок, выполняется в два этапа:

- а) выявляются места оптимального размещения ПСП в зоне производства овощей, определяется их мощность и зоны деятельности (закрепление предприятий СХ за соответствующим ПСП);
- б) осуществляется оптимальное закрепление получателей овощей за ПСП, расчет потребного количества и распределение транспортных средств по маршрутам перевозок.
- 2. Нельзя оставить без внимания присущую сельскохозяйственному производству систему севооборота. Исследования, проведенные в Краснодарском Крае и Ростовской области, позволяют сделать вывод о том, что в зоне орошаемого земледелия площади, отведенные под овощные культуры, остаются постоянными, т. е. среднее расстояние от поля до основных дорог, вблизи которых возможно размещение ПСП, практически остается неизменным из года в год.

Тогда в формализованном виде задача формулируется следующим образом: необходимо найти такой план подачи транспортных средств на все возможные маршруты перевозок, чтобы целевая функция F достигала своего минимального значения:

$$F = \sum_{i=1}^{I} \sum_{s=1}^{S} \sum_{t=1}^{T} \sum_{p=1}^{P} W_{sp} \left\{ \sum_{\kappa=1}^{K} \left\{ C_{\kappa isp}^{1} x_{\kappa isp}^{1t} + \sum_{n=1}^{N} \left(C_{\kappa insp}^{\text{VIII}} x_{\kappa insp}^{\text{VIII}t} + C_{\kappa insp}^{\text{IV}} x_{\kappa insp}^{\text{IV}t} + C_{\kappa insp}^{\text{XI}} x_{\kappa insp}^{\text{XI}t} \right) + \sum_{j=1}^{J} \left[C_{j\kappa isp}^{\text{II}} x_{j\kappa isp}^{\text{II}t} + C_{j\kappa insp}^{\text{III}} x_{j\kappa insp}^{\text{III}t} + \sum_{n=1}^{N} \left(C_{j\kappa insp}^{\text{IX}} x_{j\kappa insp}^{\text{IX}t} + C_{j\kappa insp}^{\text{V}} x_{j\kappa insp}^{\text{V}t} + C_{j\kappa insp}^{\text{V}} x_{j\kappa insp}^{\text{V}} + C_{j\kappa insp}^{\text{V}} x_{j\kappa ins$$

$$+\sum_{i=1}^{I} f(Q_i) + \sum_{i=1}^{I} z(Q_i)$$

$$F \to \min.$$
(30)

Выражение (30) получено на основании формул (17)–(27) и представляет собой сумму затрат на перевозку всего выращенного в рассматриваемом регионе объема овощей с учетом инвестиций на создание и эксплуата-

цию сети ПСП $\sum_{i=1}^{I} f(Q_i)$ и убытков от разного рода потерь в УТР комплексе $\sum_{i=1}^{I} z(Q_i)$.

В качестве ограничений в модели выступают условия:

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{p=1}^{P} \left[a_s^{\text{It}} x_{\kappa i s p}^{\text{It}} + \sum_{n=1}^{N} \left(a_s^{\text{III} t} x_{\kappa i n s p}^{\text{III} t} + a_s^{\text{IV} t} x_{\kappa i n s p}^{\text{IV} t} \right) \right] = A_{\kappa s} \quad (31)$$

для каждых $\kappa = 1...K$, s = 1...S, t = 1...T.

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{p=1}^{P} \left[\sum_{n=1}^{N} \left(a_s^{XIt} x_{n\kappa isp}^{XIt} + a_s^{VIIt} x_{nisp}^{VIIt} \right) \right] = A_{ns}$$
 (32)

для всех n = 1...N, s = 1...S, t = 1...T.

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{p=1}^{P} \left\{ \sum_{\kappa=1}^{K} a_{s}^{\text{II}t} x_{j\kappa isp}^{\text{II}t} + a_{s}^{\text{III}t} x_{j\kappa isp}^{\text{III}t} + \sum_{n=1}^{N} \left(a_{s}^{\text{IX}t} x_{j\kappa insp}^{\text{IX}t} + a_{s}^{\text{V}t} x_{j\kappa insp}^{\text{V}t} + a_{s}^{\text{X}t} x_{j\kappa insp}^{\text{X}t} \right) + a_{s}^{\text{XI}t} \sum_{n=1}^{N} x_{jinsp}^{\text{XI}t} \right\} = A_{js}$$
(33)

для всех j = 1...J, s = 1...S, t = 1...T.

Условия (31)–(33) требуют, чтобы потребность в транспортных средствах для осуществления перевозок овощей в запланированном объеме удовлетворялась за счет наличного парка подвижного состава предприятий СХ, грузополучателей и других выявленных источников транспорта:

$$\sum_{i=1}^{J} \sum_{s=1}^{S} W_{sp} \left\{ x_{\kappa isp}^{1t} + \sum_{n=1}^{N} \left[x_{\kappa insp}^{VIIIt} + a_{s}^{IVt} x_{n\kappa isp}^{IVt} + x_{n\kappa isp}^{XIt} + \sum_{j=1}^{J} \left(x_{j\kappa insp}^{IIt} + a_{s}^{Vt} x_{j\kappa insp}^{Vt} + x_{j\kappa insp}^{Xt} \right) \right] +$$

$$+ \sum_{j=1}^{J} \left(x_{j\kappa insp}^{IIt} + x_{j\kappa insp}^{IIIt} \right) \right\} = Q_{\kappa p}^{t}$$

$$(34)$$

для каждых $\kappa = 1...K$, s = 1...S, t = 1...T.

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{s=1}^{S} W_{sp} \left\{ \sum_{\kappa=1}^{K} \left[x_{\kappa insp}^{VIIIt} + x_{\kappa insp}^{IVt} + x_{\kappa insp}^{XIt} + \sum_{\kappa insp}^{XIt} + \sum_{j=1}^{J} \left(x_{j\kappa insp}^{IXt} + x_{j\kappa insp}^{Vt} \right) \right] + \sum_{j=1}^{J} \left(x_{jinsp}^{VIt} + x_{nisp}^{VIIt} \right) \right\} = Q_{np}^{t}$$

для всех n = 1...N, s = 1...S, t = 1...T.

Выполнение ограничений (34), (35) обеспечивает, с одной стороны, вывоз из каждого колхоза (фермерского хозяйства) всей массы выращенных овощей, с другой — получение каждым грузополучателем продукции в запланированном объеме:

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{s=1}^{S} W_{sp} \left\{ x_{kisp}^{1t} + \sum_{n=1}^{N} \left[x_{kinsp}^{VIIIt} + a_{s}^{IVt} x_{nkisp}^{IVt} + x_{nkisp}^{XIt} + \sum_{j=1}^{J} \left(x_{jkinsp}^{IIt} + a_{s}^{Vt} x_{jkinsp}^{Vt} + x_{jkinsp}^{Xt} \right) \right] + \sum_{j=1}^{J} \left(x_{jkisp}^{IIt} + x_{jkisp}^{IIIt} \right) \right\}$$

$$\left. + x_{jkisp}^{IIIt} \right)$$

$$\left. + x_{jkisp}^{IIIt} \right)$$
(36)

для любого i = 1...I.

Обязательным условием оптимизации является выполнение требования (36) — вся масса овощей, выращенных в рассматриваемом регионе, перевозится через ПСП. Если ПСП не располагает местами для длительного хранения поступившей продукции, она должна быть вывезена получателю; в случае наличия таких мест, в выражение (36) вводится фиктивный получатель с объемом потребления соответствующим допустимому объему хранения.

Оснащение ПСП хранилищами значительно повышает рентабельность и сокращает срок окупаемости этих объектов, т. к. грузовладелец имеет возможности реализовать овощи по возросшим ценам межсезонного периода:

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{s=1}^{S} W_{sp} \left\{ \sum_{\kappa=1}^{K} \left\{ x_{\kappa isp}^{It} + \sum_{n=1}^{N} \left[x_{\kappa insp}^{IVt} + \left(a_{s}^{Vt} - 1 \right) \sum_{j=1}^{J} x_{j\kappa insp}^{Vt} \right] + \sum_{j=1}^{J} \left(x_{j\kappa isp}^{IIt} + x_{j\kappa isp}^{IIIt} \right) \right\} - \\ - \sum_{n=1}^{N} \left(\sum_{j=1}^{J} x_{jinsp}^{VIt} + x_{nisp}^{VIIt} \right) = 0$$

для каждых, i = 1...I, t = 1...T.

$$(x_{\kappa isp}^{lt}, x_{j\kappa isp}^{llt}, x_{ji\kappa sp}^{llt}, x_{\kappa insp}^{lVt}, x_{j\kappa insp}^{Vt}, x_{j\kappa insp}^{Vlt}, x_{jinsp}^{Vlt}, x_{nisp}^{Vllt}, x_{\kappa insp}^{Vllt}, x_{j\kappa insp}^{IXt}, x_{j\kappa insp}^{Xt}, x_{j\kappa insp}^{Xlt}, x_{n\kappa isp}^{Xlt}) \ge 0$$

$$(37)$$

для всех j = 1...J, $\kappa = 1...K$, i = 1...I, n = 1...N, s = 1...S, t = 1...T, p = 1...P.

Условие (37) говорит о том, что количество ездок по всем маршрутам не может быть отрицательной величиной.

Вектор-аргумент в сформулированной задаче — количество ездок подвижного состава автомобильного транспорта, необходимое для освоения проектной мощности *i*-го ПСП, т. е. выполнения перевозок в УТР комплексе в полном объеме. Его можно определить по формуле:

$$X_{i} = \sum_{s=1}^{S} \sum_{t=1}^{T} \sum_{p=1}^{P} \left\{ \sum_{\kappa=1}^{K} \left\{ x_{\kappa isp}^{1t} + \sum_{n=1}^{N} \left(x_{\kappa insp}^{VIIIt} + x_{\kappa insp}^{IVt} + x_{\kappa insp}^{IVt} + x_{\kappa insp}^{XIt} \right) + \sum_{j=1}^{J} \left[x_{j\kappa isp}^{IIt} + x_{j\kappa isp}^{IIIt} + \sum_{n=1}^{N} \left(x_{j\kappa insp}^{IXt} + x_{j\kappa insp}^{Vt} + x_{j\kappa insp}^{Vt} + x_{j\kappa insp}^{XIt} \right) \right] \right\} + \sum_{n=1}^{N} \left(\sum_{j=1}^{J} x_{jinsp}^{VIt} + x_{jinsp}^{VIIt} \right) \right\}$$

для всех i = 1...I.

Мощности ПСП и УТР комплекса в целом должна обеспечивать обработку всех поступающих овощей в «пиковые» периоды, т. е. задача определения рациональных мест размещения ПСП и их мощности должна решаться для периода максимальной нагрузки УТР комплекса.

Принципиальная новизна и эффективность логистического подхода к управлению УТР комплексом позволила получить значительный эффект во всех звеньях логистической цепи при внедрении предложенной модели.

Литература

- 1. Напхоненко Н. В. Исследование вопросов эффективности и качества перевозок овощей автомобильным транспортом: Автореф. дисс.... канд. экон. наук. М.: Московский институт управления, 1984. 19 с.
- 2. *Напхоненко Н. В.* Оптимизация логистических потоков в системе «грузоотпра-

витель — грузополучатель» для предприятий сельского хозяйства. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. — 2003. — Спецвыпуск. — С. 141–146.

3. Транспортно-производственные про-

цессы в механизированном сельскохозяйственном производстве. Классификация, оценка и методы расчета. ГОСТ 174600-72. — М.: Гос. ком. стандартов Сов. Мин. СССР. — 1982. — 27 с.

Поступила в редакцию

12 апреля 2015 г.



Наталья Васильевна Напхоненко — кандидат экономических наук, профессор кафедры «Инновационный и производственный менеджмент» ЮРГПУ (НПИ). Автор исследований по проблемам экономики и организации производства, экономике автомобильного транспорта, производственного менеджмента.

Natalia Vasilievna Napkhonenko — Ph.D., Candidate of Economics, professor of SRSPU (NPI) «Production Management and Management of the Innovations» department. Author of numerous research works, dedicated to problems of economics and production organization, economy of motor transportation, production management.

346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132 132 Prosveshcheniya st., 346428, Novocherkassk, Rostov reg., Russia Тел.: +7 8635 25 50 45; e-mail: econ-en@mail.ru