

УДК 656. 225. 045. 001. 24 (045)

И. А. ЕЛОВОЙ, зав. кафедрой "Управление грузовой и коммерческой работой" Белорусского государственного университета транспорта, г. Гомель

## РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ, СВЯЗАННЫХ С НЕВЫПОЛНЕНИЕМ СРОКОВ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ И НЕОБЕСПЕЧЕНИЕМ ИХ СОХРАННОСТИ

Приведены расчетные формулы, учитывающие случайность появления просрочек в доставке грузов и несохранных перевозок, несвоевременность поступления платежей по ним на счет дороги назначения от виновных дорог. Полученные зависимости могут быть использованы при разработке финансового плана и стратегии функционирования железной дороги в условиях самофинансирования.

Основной целью транспорта является наиболее полное удовлетворение потребностей клиентуры в перевозках при достижении требуемого уровня качества транспортного обслуживания и обеспечении конкурентоспособности железнодорожных перевозок на рынке транспортных услуг.

Качество транспортных услуг характеризуется согласованностью взаимодействия в пунктах отправления и назначения, регулярностью и сохранностью доставки груза до места потребления, гарантийностью выполнения норм экологии и безопасностью процесса перевозки. И это очевидно. Однако для процесса доставки грузов отклонения от норм в виде невыполнения сроков доставки грузов, необеспечения их сохранности и т.п., весьма характерны и нередки. Они приводят не только к снижению качества перевозок, но и к значительным затратам железной дороги, а следовательно, и к уменьшению ее прибыли.

В данной статье рассматривается расчет затрат, связанных с невыполнением сроков доставки грузов и необеспечением их сохранности.

Для определения вышеуказанных затрат необходимо знать вероятности выплат за просрочку в доставке грузов ( $P_{ш}$ ) и несохранную перевозку ( $P_{н}$ ). Возможны следующие виды несохранности и соответствующие им вероятности: утрата ( $P_y$ ), недостача ( $P_{нд}$ ), порча и повреждение груза ( $P_{п}$ ). Тогда вероятность выплаты за несохранную перевозку будет

$$P_n = (1 - P_y)P_{нд}P_{п} + P_y(1 - P_{нд})(1 - P_{п}) + (1 - P_y)(1 - P_{нд})P_{п} + (1 - P_y)P_{нд}(1 - P_{п}). \quad (1)$$

В соответствии с транспортным законодательством железная дорога выплачивает денежные суммы за недостачу и порчу (повреждение) (первое слагаемое в уравнении), утрату (второе слагаемое), порчу (третье слагаемое), недостачу (четвертое слагаемое) груза.

На основании вероятностей, соответствующих конкретным слагаемым в первом уравнении,

рассчитывались математическое ожидание и дисперсия выплат за несохранную перевозку груза. Анализ полученных результатов показал, что вероятность  $P_n$ , математическое ожидание  $C_n$  и дисперсия  $D_n$  выплат за несохранную перевозку грузов с достаточной степенью точности (погрешность не превышает 1-2 %) могут рассчитываться из соотношений

$$P_n = P_y + P_{нд} + P_{п}; \quad (2)$$

$$\bar{C}_n = (\bar{C}_y P_y + \bar{C}_{нд} P_{нд} + \bar{C}_{п} P_{п}) / P_n; \quad (3)$$

$$D_n = (D_y P_y + D_{нд} P_{нд} + D_{п} P_{п}) / P_n; \quad (4)$$

где  $\bar{C}_y$ ,  $D_y$ ,  $\bar{C}_{нд}$ ,  $D_{нд}$ ,  $\bar{C}_{п}$ ,  $D_{п}$  — соответственно математические ожидания и дисперсии выплат за утрату, недостачу и порчу (повреждение) одной отправки.

Величина  $\bar{C}_y$  представляет собой среднюю стоимость одной отправки, по которой происходят несохранные перевозки. Тогда стоимость недостачи и порчи (повреждения) одной отправки (в рублях) могут быть соответственно определены из соотношений

$$\bar{C}_{нд} = \beta_1 \bar{C}_y; \quad (5)$$

$$\bar{C}_{п} = \beta_2 \bar{C}_y. \quad (6)$$

Значения коэффициентов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  находятся из уравнений

$$\beta_1 = \bar{C}_{нд} / \bar{C}_y, \quad (7)$$

$$\beta_2 = \bar{C}_{п} / \bar{C}_y, \quad (8)$$

Среднестатистические стоимости недостающей и испорченной (поврежденной) отправок,

$$\bar{C}_{нд} = \sum_{i=1}^n \Delta C_{нд i} / n; \quad (9)$$

$$\bar{C}_{п} = \sum_{j=1}^p \Delta C_{п j} / p, \quad (10)$$

где  $\sum_{i=1}^n \Delta C_{нд i}$  — сумма денежных средств на выплату заявителям претензий и исков за частично утраченные отправки за определенный период;

$\sum_{j=1}^p \Delta C_{ni}$  – сумма денежных средств на выплату

заявителям претензий и исков за поврежденные или испорченные отправки за определенный период;  $p$  – количество поврежденных или испорченных отправок за данный период по вине железных дорог.

Располагая среднеквадратическим отклонением стоимости отправки  $\sigma_y$ , по которой возникают несохранные перевозки, и пользуясь соотношениями (5) и (6), можно рассчитать коэффициент вариации выплаты по одной несохранной отправке:

$$v_{сн}^2 = (D_n/C_n)^2 = M(C_n)^2/(MC_n)^2 - 1, \quad (11)$$

где  $MC_n$  – математическое ожидание выплаты по одной несохранной отправке,

$$MC_n = \bar{C}_n = \bar{C}_y (P_y + \beta_1 P_{нд} + \beta_2 P_n)/P_n; \quad (12)$$

$M(C_n)^2$  – математическое ожидание квадрата выплаты (начальный момент второго порядка) по одной несохранной отправке,

$$M(C_n)^2 = M(C_y)^2 (P_y + \beta_1^2 P_{нд} + \beta_2^2 P_n)/P_n. \quad (13)$$

Как известно,

$$M(C_y)^2 = (\bar{C}_y)^2 + \sigma_{cy}^2, \quad (14)$$

где  $\sigma_{cy}$  – среднеквадратическое отклонение стоимости одной отправки, по которой происходят несохранные перевозки.

Среднее значение выплат за несохранную перевозку для определенной железной дороги, приходящихся на одну выданную или транзитную отставку, зависит от вида сообщения и определяется по формулам:

1) перевозки в местном сообщении и транзитные отправки в межгосударственном и международном сообщениях –

$$\bar{C}_{ni}^0 = \bar{C}_{ni} P_{ni}; \quad (15)$$

2) выданные отправки в межгосударственном и международном сообщениях –

$$\bar{C}_{ni}^0 = \bar{C}_{ni} [P_{ni}(1 - P_{oi}^n) + \alpha_6 \frac{T_{дci}}{12} P_{ni} P_{oi}^n], \quad (16)$$

где  $P_{oi}^n$  – вероятность отнесения несохранных перевозок на ответственность других дорог в определенном виде сообщения;  $T_{дci}$  – средний срок на получение денежных средств от ответственных железных дорог, исчисляемый с момента выплаты дорогой назначения денежных сумм грузополучателю до момента получения их от виновных дорог, месяцев;  $\alpha_6$  – коэффициент, значение которого равно годовому банковскому проценту, в долях единицы.

Величина  $C_{ni}^0$  является средней. В ней учтены изменения стоимости отправки с помощью её среднеквадратического отклонения  $\sigma_{cy}$  и средняя

неравномерность появления самих несохранных перевозок  $P_{ni}$ . В действительности будет обязательно отклонение от среднего значения  $C_{ni}^0$ . Например, в первый и последующий месяцы может появиться необходимость выплат за несохранные перевозки в размере большем, чем среднее значение  $C_{ni}^0$ . В этих условиях для поддержания прибыли на определенном уровне железная дорога вынуждена в банке брать кредит. Для учета данных отклонений следует определить гарантийную надбавку к среднемесячным выплатам за несохранные перевозки (месяц может считаться основным периодом, т. к. ежемесячно осуществляется выплата зарплаты, уплата за электроэнергию и другие платежи):

$$C_{ni}^{op} = \alpha_6 C_{ni}^0 \alpha(\gamma) v_{mi}/12, \quad (17)$$

где  $\alpha(\gamma)$  – квантиль нормального распределения уровня  $\gamma$ . Он определяет, какую гарантийную надбавку  $C_{ni}^{op}$  назначить, чтобы с вероятностью  $\gamma$  было достаточно у дороги денежных средств для поддержания прибыли на заданном уровне. Например, при  $\gamma = 0,95$ ,  $\alpha(0,95) = 1,645$ ;  $v_{mi}$  – коэффициент вариации месячного изменения числа отправок для определенного вида сообщения.

Как известно из теории вероятностей, коэффициент вариации зависит от месячного числа отправок и с увеличением их уменьшается.

Анализ существующих исследований [1, 2] позволил получить зависимость для расчета суммарной гарантийной надбавки

$$C_n^{op} = \frac{1}{12} \alpha_6 \alpha(\gamma) \mu_n \sum_{i=1}^m \bar{C}_{ni}^0, \quad (18)$$

где  $m$  – количество рассматриваемых видов сообщений;

$$\mu_n^2 = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{O}_i (\bar{C}_{yi})^2 \bar{C}_{ni}^0 [1 - P_{ni} + v_{cni}^2 - P_{ni} v_{cni}^2] / P_{ni}}{\left( \sum_{i=1}^m \bar{O}_i \bar{C}_{yi} \bar{C}_{ni}^0 \right)^2 - \alpha^2(\gamma) \sum_{i=1}^m \bar{O}_i (\sigma_{cyi})^2 (\bar{C}_{ni}^0)^2} \quad (19)$$

$\bar{O}_i$  – среднемесячное число отправок в определенном виде сообщения;  $v_{cni}$  – коэффициент вариации изменения стоимости одной отправки, по которой происходят несохранные перевозки.

Сравнивая между собой выражения (17) и (18), получим

$$v_m = \sqrt{\sum_{i=1}^m D_i / \sum_{i=1}^m O_i}, \quad (20)$$

где  $D_i$  – дисперсия месячного изменения числа отправок для  $i$ -го сообщения.

Для устойчивого ряда  $\alpha(\gamma) = 1$ , т. е. количество среднеквадратических отклонений равно единице.

В связи с этим  $\mu_n > \nu_m$ . Это позволяет сделать следующий вывод: при достаточно большом числе среднемесячного числа отправок может оказаться, что  $\mu_n < \nu_m$ . В такой ситуации  $\mu_n$  принимается равным  $\nu_m$ .

Таким образом, суммарное значение выплат за несохранную перевозку для конкретной железной дороги, приходящихся на одну выданную или транзитную отправку, составит

$$C_n^o = \sum_{i=1}^m C_{ni}^o + \frac{\alpha_6}{12} \alpha(\gamma) \mu_n \sum_{i=1}^m \bar{C}_{ni} = \sum_{i=1}^m \bar{C}_{ni}^o \left[ 1 + \frac{\alpha_6}{12} \alpha(\gamma) \mu_n \right] \quad (21)$$

За просрочку в доставке груза по отдельной отправке железная дорога назначения уплачивает получателю штраф ( $Ш_p$ ) в следующих размерах:

1) в международном сообщении по правилам СМГС – исходя из провозной платы той железной дороги, которая допустила просрочку в размерах, предусмотренных СМГС. При этом размер штрафа за просрочку определяется в зависимости от длительности просрочки  $\Delta T_d$ , исчисленной от общего срока доставки  $T_d$ . Если просрочка в доставке груза произошла на нескольких железных дорогах, то процент для начисления штрафа определяется в соответствии с вышеуказанным порядком, исходя от общей просрочки на всех железных дорогах, и выплачивается от провозной платы  $C_{rj}$ , полученной каждой железной дорогой, допустившей просрочку, исходя из следующих условий:

а) если просрочка от общего срока доставки  $\{\Delta T_d / T_d\}$  не превышает 4/10, то

$$Ш_p = 0,06 \{\Delta T_d / T_d\} \cdot 10 \sum_{j=1}^k \bar{C}_{rj}, \quad (22)$$

где отношение  $\{\Delta T_d / T_d\}$  округляется в большую сторону с точностью до 1/10;

б) если просрочка от общего срока доставки  $\{\Delta T_d / T_d\}$  превышает 4/10, то

$$Ш_p = 0,3 \sum_{j=1}^k \bar{C}_{rj}; \quad (23)$$

2) в межгосударственном и местном сообщениях – исходя из общей провозной платы с учетом следующих условий:

а) если просрочка от общего срока доставки  $\{\Delta T_d / T_d\}$  не превышает 5/10,

$$Ш_p = 0,15 \{\Delta T_d / T_d\} 10 \sum_{i=1}^n C_{ti}, \quad (24)$$

где  $n$  – количество дорог, участвующих в перевозке груза;  $C_{ti}$  – величина тарифа по  $i$ -й железной дороге;

б) если просрочка от общего срока доставки  $\{\Delta T_d / T_d\}$  превышает 5/10

$$Ш_p = 0,9 \sum_{i=1}^n C_{ti}. \quad (25)$$

Таким образом, среднее значение провозной платы ( $\bar{C}_T$ ), исходя из которой рассчитывается штраф за просрочку в доставке груза в пользу получателя, находится из соотношений:

в международном сообщении –

$$C_T = \sum_{i=1}^{O_{ш}^M} \sum_{j=1}^k C_{Tij} / O_{ш}^M, \quad (26)$$

где  $O_{ш}^M$  – общее количество отправок, по которым выплачен штраф за просрочку в доставке грузов; в межгосударственном и местном сообщениях –

$$C_T = \sum_{j=1}^{O_{ш}^{MC}} \sum_{i=1}^n C_{Tij} / O_{ш}^{MC}. \quad (27)$$

Средняя выплата по одной отправке, прибывшей с просрочкой в доставке груза, для конкретного  $i$ -го вида сообщения будет определяться из соотношения

$$Ш_{pi} = C_{ti} \sum_{j=1}^{\ell} \gamma_{ji} q_{ji}, \quad (28)$$

где  $\gamma_{ji}$  – доля штрафа в пользу получателя от провозной платы, определяемая в соответствии с соглашением СМГС или Уставом железных дорог;  $q_{ji}$  – условные вероятности наступления различных просрочек в доставке грузов при условии, что просрочка в доставке груза произошла,

$$q_{ji} = P_{ji}^n / P_{шi}; \quad (29)$$

$P_{ji}^n$  – вероятность появления просрочки, рассчитанной по отношению к общему сроку доставки грузов;  $P_{шi}$  – вероятность наступления просрочки в доставке груза на дороге назначения;  $\ell$  – число групп, по которым взыскивается штраф за просрочку. В межгосударственном и местном сообщениях  $\ell = 6$ , в международном –  $\ell = 5$ .

Аналогично несохранным перевозкам, коэффициент вариации выплаты по одной отправке, прибывшей с просрочкой, для  $i$ -го вида сообщения будет равен

$$\nu_{ш_{pi}}^2 = MШ_{pi}^2 / (MШ_{pi})^2 - 1, \quad (30)$$

где  $MШ_{pi}$  – математическое ожидание выплаты по одной отправке, прибывшей с просрочкой,  $MШ_{pi} = Ш_{pi}$ ;  $MШ_{pi}^2$  – математическое ожидание квадрата выплаты (начальный момент второго порядка) по одной отправке, прибывшей с просрочкой в доставке грузов,

$$MШ_{pi}^2 = (\bar{C}_{ti}^2 + \sigma_{C_{ti}}^2) \sum_{j=1}^{\ell} \gamma_{ji} q_{ji}; \quad (31)$$

$\sigma_{cti}$  – среднее квадратическое отклонение провозной платы, исходя из которой рассчитывается штраф за просрочку в доставке груза в пользу получателя.

Среднее значение выплат по штрафам за просрочку в доставке грузов, приходящихся на одну выданную или транзитную отправку, в зависимости от вида сообщения определим из соотношений:

1) перевозки в местном сообщении и транзитные отправки в межгосударственном и международном сообщениях –

$$\overline{III}_{pi}^0 = \overline{III}_{pi} P_{ши}; \quad (32)$$

2) выданные отправки в межгосударственном и международном сообщениях –

$$\overline{III}_{pi}^0 = \overline{III}_{pi} \left[ P_{ши} (1 - P_{oi}^{ш}) + \frac{\alpha_6 T_{дси}}{12} P_{ши} P_{oi}^{ш} \right], \quad (33)$$

где  $P_{oi}^m$  – вероятность отнесения выплат по штрафам за просрочку в доставке грузов на ответственность других дорог в определенном виде сообщения.

По аналогии с несохранными перевозками суммарное значение выплат по штрафам за просрочку в доставке грузов, приходящихся на одну выданную или транзитную отправку,

$$III_p^0 = \sum_{i=1}^m \overline{III}_{pi}^0 \left[ 1 + \frac{\alpha_6}{12} \alpha(\gamma) \mu_{ш} \right], \quad (34)$$

$$\mu_{ш}^2 = \frac{\sum_{i=1}^m \overline{\sigma}_{ci} (\overline{III}_{pi}^0)^2 \left[ 1 - P_{ши} + (v_{mpi})^2 - P_{ши} (v_{cti})^2 \right] P_{ши}}{\left( \sum_{i=1}^m \overline{\sigma}_{ci} \overline{III}_{pi}^0 \right)^2 - \alpha^2(\gamma) \sum_{i=1}^m \overline{\sigma}_{ci} (\sigma_{cti})^2 (\overline{III}_{pi}^0)^2} \quad (35)$$

При этом должно выполняться условие  $\mu_{ш} \geq v_m$ .

Штраф за просрочку в доставке грузов не уплачивается при утере груза, а также за утраченную часть груза. В связи с этим среднее значение выплат, связанных с несохранными перевозками и просрочками в доставке грузов и приходящихся на одну отправку, с достаточной степенью точности (погрешность не превышает 0,5 %) может быть определено из соотношения

$$\overline{C}_n^0 = \sum_{i=1}^m \overline{C}_{ni}^0 + (1 - \overline{P}_y - \overline{\beta}_1 \overline{P}_{нд}) \sum_{i=1}^m III_{pi}, \quad (36)$$

где  $\overline{P}_y$ ,  $\overline{\beta}_1$ ,  $\overline{P}_{нд}$  – средние значения параметров,

$$\overline{P}_y = \frac{\sum_{i=1}^m P_{yi} \overline{III}_{pi}^0}{\sum_{i=1}^m \overline{III}_{pi}^0}; \quad \overline{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^m \beta_{1i} \overline{III}_{pi}^0}{\sum_{i=1}^m \overline{III}_{pi}^0}; \quad \overline{P}_{нд} = \frac{\sum_{i=1}^m \overline{P}_{ндi} \overline{III}_{pi}^0}{\sum_{i=1}^m \overline{III}_{pi}^0} \quad (37)$$

Дисперсия выплат по рассматриваемым параметрам составит

$$\overline{D}_{нш} = \sum_{i=1}^m \overline{D}_{ни} + (1 - \overline{P}_y - \overline{\beta}_1 \overline{P}_{нд}) \sum_{i=1}^m \overline{D}_{ши}^0 \quad (38)$$

Пользуясь известными положениями теории вероятностей по соотношению между коэффициентом вариации, дисперсией и математическим ожиданием, получим окончательную формулу для расчета суммарного значения выплат по несохранным перевозкам и штрафам за просрочку в доставке грузов, приходящихся на одну выданную или транзитную отправку,

$$\overline{C}_{нш}^0 = \sum_{i=1}^m \overline{C}_{ни}^0 + (1 - \overline{P}_y - \overline{\beta}_1 \overline{P}_{нд}) \sum_{i=1}^m \overline{III}_{pi}^0 + \frac{\alpha_6}{12} \alpha(\gamma) \sqrt{\left( \sum_{i=1}^m \overline{C}_{ни}^0 \right)^2 \mu^2 + (1 - \overline{P}_y - \overline{\beta}_1 \overline{P}_{нд}) \left( \sum_{i=1}^m \overline{III}_{pi}^0 \right)^2 \mu_{ш}^2} \quad (39)$$

Предлагаемые формулы для расчета затрат, связанных с невыполнением сроков доставки грузов и необеспечением их сохранности, позволяют:

1) учесть при экономическом обосновании основных положений Устава железнодорожного транспорта и других нормативных документов реально происходящие процессы: случайность появления просрочек в доставке грузов и несохранных перевозок, несвоевременность поступления платежей по ним на счет дороги назначения от виновных дорог;

2) использовать полученные зависимости по вышерассмотренным параметрам при разработке финансового плана и стратегии функционирования железной дороги в условиях самофинансирования.

#### Список литературы

1. *Прабху Н.* Статистические процессы теории запасов. М.: Мир, 1984. 184 с.
2. Комментарии к методикам расчета тарифных ставок по массовым рисковым видам страхования // *Страховое дело.* 1993. № 8.
3. *Терёшина Н. П.* Экономическое регулирование работы и развития железнодорожного транспорта в условиях рыночных отношений: Автореф. дис. ... докт. экон. наук. М.: МИИТ, 1995. 46 с.

Получено 22. 09. 98.

L. A. Elovoy. Railway transport expenditure calculation connected with non-fuefilling the terms of freight delivery and preservation.

The calculation formulas taking into account the randomness of appearing the delays in freight delivery and non-preserved haulages as well as tardiness of payments an account of the destination Railway from the guilty Railways are given in the article. The relationships received can be used in the developing of financial plan and strategy of railway functioning under condition of self-financing.