

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ ОПЕРАТОРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Розроблено методику економічної оцінки щодо ефективності використання основних виробничих фондів операторів залізничного транспорту. Методика дозволяє розрахувати оптимальну потребу у вантажних вагонах з урахуванням фінансових і технологічних ризиків при виконанні перевезень як власними вагонами, так і вагонами інвентарного парку.

Разработана методика экономической оценки эффективности использования основных производственных фондов операторов железнодорожного транспорта. Методика позволяет рассчитать оптимальную потребность в грузовых вагонах с учетом финансовых и технологических рисков при выполнении перевозок, как собственными вагонами, так и вагонами инвентарного парка.

A method of economic evaluation for the efficiency of using the capital production assets of railway transport operators is developed. The method allows calculating the optimum necessity in freight cars taking into account the financial and technological risks during transportations by both own cars and cars of inventory stock.

### **Введение**

Для операторов железнодорожного транспорта и промышленных предприятий проблема оценки рационального потребного парка в зависимости от предполагаемого объема перевозок имеет первостепенную важность. В работах [1, 2] предложена методика расчета рациональных потребностей в собственных грузовых вагонах. Основные положения [1, 2] все же не является полными. Наиболее важным остается вопрос об обязательности выполнения перевозок только собственными вагонами, особенно при существующей возможности изменений объемов перевозок в будущем. При планировании основных производственных фондов (вагонов) следует учитывать риск получить избыточный или недостаточный в будущем парк вагонов. Эти риски следует сопоставлять с затратами и другими условиями по организации перевозок, которые могут быть связаны с частичным использованием вагонов инвентарного парка. Вместе с тем, возникает проблема согласования взаимодействия вагонных парков различных собственников, как при формировании парков и планировании работы, так и при выполнении грузовых перевозок. При оценке потребности в вагонах должны быть исследованы зависимости рационального количества вагонов операторов от объема перевозки (среднесуточная погрузка вагонов).

### **Постановка задачи**

В условиях развития рынка железнодорожных транспортных услуг главным фактором конкурентирования операторов являются их основные производственные фонды – собственные вагоны. В [3] предложена методика расчета требуемого количества вагонов операторов с учетом финансовых рисков, связанных с планированием размеров собственного вагонного парка, а также с учетом возможности выполнения перевозок инвентарным парком. Приобретение и удержание завышенного парка собственных вагонов требует от компании значительного увеличения капитальных вложений на приобретение вагонов, дополнительных эксплуатационных расходов на содержание подвижного состава и управление перевозками. При планировании перевозок собственными вагонами операторских компаний требуется организация возврата порожних вагонов после выгрузки за счет грузополучателя или непосредственно операторской компании.

В связи со сказанным актуальной является задача разработки методики оценки экономически эффективного парка вагонов и обоснования потребности в основных производственных фондах компаний операторов, которая основана на стохастических экономико-математических моделях, развивающих работу [3], где учитываются предполагаемая структура плана перевозки грузов, а также финансовые и технологические риски собственников вагонов.

## **Анализ использования основных производственных фондов компаний операторов**

Автоматизированные системы управления грузовыми перевозками Укрзалізничці обеспечивают возможность исследований работы компаний операторов железнодорожного транспорта, чтобы на основе данных о реализациях перевозок оценить эффективность использования собственных вагонных парков компаний операторов. На рисунках представлены основные схемы работы некоторых компаний в течение месяца, обозначенных как оператор 1, оператор 2 и т.д. Рисунки показывают формы и особенности использования основных производственных фондов, структуру планирования и организации перевозок, а также отражают статистические свойства процессов эксплуатации собственных вагонных парков. Рис. 1, 3, 4 представляют возможности курсирования вагонов на различных полигонах, в то же время часть из них работает в кольцевых маршрутах (рис. 2). Рисунки отражают грузовые (толстые стрелки) и порожние рейсы (стрелки из тонких линий) по подводу вагонов под погрузку, а также количественные (первое число на стрелке) и временные характеристики (число в скобках, часы) этих процессов. На рис. 2 представлены этапы технологического цикла использования вагонов (в виде последовательности номеров).

На рис. 2, маршрут 1 указано движение груженых вагонов со станции Коммунарск (КОММ) на ст. Ильичевск (этап 1), и дальше на НИКЕЛ-ПБ, возврат порожних вагонов на ст. Ильичевск (этап 3) и перемещение порожних вагонов на ст. Ингулец, со ст. Комм. (этап 4); на ст. Ингулец выполняется погрузка вагонов назначением на ст. Комм. (этап 5) и выгрузка вагонов с подачей под погрузку на ст. Комм. (этап 6) с дальнейшим их направлением на ст. Ильичевск (этап 1). Маршрут 2 сложнее, так как в нем участвуют грузопотоки в двух направлениях.

Рис. 2 позволяет сделать заключение об очевидном различии математических моделей, необходимых для планирования перевозок по кольцевым рейсам и по всему железнодорожному полигону. В связи с этим будет и различие методов по выбору рациональной потребности в собственных вагонах. В общем случае (рис. 1, 3, 4) могут быть рассчитаны лишь оценки вероятностных характеристик времен движения вагонов по различным маршрутам и относительные частоты таких рейсов. Поэтому выбор объема основных производственных

фондов необходимо выполнять на основе стохастических моделей. Такое заключение может быть сделано относительно усовершенствования метода оценки парка вагонов операторов с учетом условий риска [3].

## **Методика оценки основных производственных фондов компаний операторов**

Задача экономически обоснованной оценки основных производственных фондов (ОПФ) учитывает предполагаемые объемы и качественный состав перевозимых грузов при обеспечении перевозок с заданными свойствами (своевременность, стоимость либо рентабельность, надежность, др.). Задача ОПФ здесь состоит в учете стохастических свойств показателя оборота вагонов и в расчете части требуемого объема перевозок, которую следует выполнять собственными вагонами. Остальная часть требуемых перевозок должна выполняться вагонами государственного, инвентарного парка. Критерием оптимальности выбора объема вагонных парков может быть минимум суммарного экономического риска операторской компании (ОК) при реализации плана перевозки грузов.

При оценке ОПФ учитываются: среднемесячный объем перевозок, нормативное время оборота собственных вагонов, средняя загрузка вагона, дополнительные расходы времени операторской компанией на подготовку, техническое обслуживание, ремонт вагонов, дополнительные расходы времени из-за несоблюдения железными дорогами либо грузоотправителями, либо грузополучателями договорных обязательств [1, 2].

Методика и модель по оценке потребности в вагонах ОК должна базироваться на технологии «Доставка в установленный срок», когда существенным является учет таких критериев эффективности перевозок, как время перемещения груза от грузоотправителя к грузополучателю, изношенность парка вагонов, качество предоставленных услуг, надежность времени прибытия грузов.

Подытожим модель по оценке потребности в парке вагонов [1, 2], использование которой базируется на следующем.

1. Каждый вагон имеет один полигон курсирования и перевозит один вид груза.

2. Оператор имеет достаточный ресурс для приобретения, содержания и управления потребным вагонным парком.

3. Аналитический вид зависимости рационального количества вагонов собственного

парка оператора от объема перевозки считается известным, хотя при вариации условий он может изменяться.

При организации перевозок на основе совместной работы вагонных парков операторов и инвентарного парка необходимо учитывать разные параметры одного из главных показателей – оборот вагонов, а также плату за подачу порожних вагонов. Приведенные показатели далее вводятся в модель совместной работы нескольких вагонных парков в виде технологических и экономических факторов риска.

1. Остановимся на вопросах разработки математических моделей и методов по оценке рационального требуемого вагонного парка операторов на основе необходимости применения следующих положений. Учет возможности выполнения перевозок грузов по нескольким маршрутам.

2. Обеспечение экономически целесообразного взаимодействия вагонных парков различных собственников.

3. Учет экономических рисков, связанных с получением избыточного или недостаточного в будущем парка вагонов, а также с использованием части вагонов инвентарного парка.

4. Критерий выбора – минимум суммарного экономического риска при организации процесса перевозок с учетом возможности использования вагонов инвентарного парка.

### Разработка модели оценки основных производственных фондов операторов

При разработке методики будем учитывать возможности выполнения грузовых рейсов собственными вагонами по нескольким маршрутам, статистический характер параметров железнодорожных перевозок, экономические риски при использовании собственного и инвентарного вагонного парка.

Стохастическая модель по оценке ОПФ может быть получена следующим образом. На основе анализа плана перевозки и возможных рейсов курсирования вагонов при его реализации выберем  $j = 1, \dots, J_r$  маршрутов движения вагонов, рис. 1, 3. На основе статистической информации о времени оборота вагона по каждому из маршрутов  $r_j$ , получаемой по данным автоматизированных систем Укрзализныци, а также с учетом напряженности, объемов соответствующих перевозок, оценивается относительная частота случайного события: перевозка грузов по маршруту  $j = 1, \dots, J_r$ . Обозначив  $Q_j^{\text{мес ср}}$  – запланированный среднемесячный

объем перевозок, а  $\Theta_{\text{собст}}^{\text{дост}}$  – нормативный или фактический оборот вагонов операторской компании для  $r_j$ , на основе модели (1) – (4) определяем оценку рационального количества парка вагонов –  $n_{\text{потр}}^j$ . С учетом введенных обозначений статистическая оценка требуемого количества собственных вагонов компаний операторов является математическим ожиданием вида

$$N_{\text{потр}}(\omega) = \sum_{j=1}^{J_r} n_{\text{потр}}^j \omega_j. \quad (1)$$

Метод расчета ОПФ с учетом экономического риска при перевозках грузов несколькими операторами формируется, исходя из следующего. В [3] разработана математическая модель задачи оценки требуемого парка вагонов операторов, основанная на расчете части от заданного объема перевозок, которую следует выполнять собственными вагонами. В качестве источников рисков в модели выступают неопределенности в оценках ряда характеристик процесса перевозки: учет возможных изменений объемов перевозок, технологический риск, обусловленный неравномерностью процессов доставки грузов в период  $T_k$ , дополнительные затраты, связанные с износом парка вагонов, надежность времени прибытия грузов, сохранность перевозимых грузов. Названные характеристики для вагонных парков операторов и инвентарного парка имеют существенное различие [1, 2].

Для использования в качестве критерия оптимального выбора минимума суммарного экономического риска разделим планируемый объем перевозок по каждому маршруту движения на две составляющие

$$Q_j = Q_{j\text{ин}} + Q_{j\text{св}}; Q_{j\text{ин}}; Q_{j\text{св}}, \quad (2)$$

где  $Q_{j\text{ин}}$  – планируемая перевозка по маршруту  $j = 1, \dots, J_r$  вагонами инвентарного парка в период  $T_i$ ;  $Q_{j\text{св}}$  – планируемая перевозка вагонами собственного парка оператора по тому же маршруту в период  $T_i$ ;  $Q_{j\text{св}}$  – планируемая перевозка вагонами собственного парка для  $j = 1, \dots, J_r$ ;  $Q_{j\text{ин}}$  – планируемая перевозка вагонами инвентарного парка по тому же маршруту в период  $T_i$

$$Q_j = \sum_j Q_j = \sum_j Q_{j\text{ин}} + \sum_j Q_{j\text{св}}. \quad (3)$$

Обозначим через  $\Theta_{j_{ин}}$  – время оборота вагона инвентарного парка для маршрута  $j = 1, \dots, J_r$ , а  $\Theta_{j_{св}}$  – соответствующий показатель времени движения собственных вагонов. Считаем, что относительные частоты движения вагонов по маршрутам  $j = 1, \dots, J_r$  пропорциональны объемам перевозимых грузов и временам оборота вагонов. Они представляют оценки вероятности нахождения вагона на маршруте  $j = 1, \dots, J_r$  и рассчитываются на основе системы равенств

$$\omega_{j_{ин}} = \Theta_{j_{ин}} Q_{j_{ин}} / \sum_j \Theta_{j_{ин}} Q_{j_{ин}};$$

$$\omega_{j_{св}} = \Theta_{j_{св}} Q_{j_{св}} / \sum_j \Theta_{j_{св}} Q_{j_{св}}. \quad (4)$$

Приближенность характеристик (4) обусловлена и тем, что при их вычислении предполагается пригодность всех собственных вагонов для перевозок, а также некоторые другие допущения такого рода. В случае необходимости учет уточняющих факторов может быть выполнен за счет, например, корректировок времен  $\Theta_{j_{св}}$ .

Чтобы получить оценки финансовых рисков при перевозках собственным парком вагонов, представим их в следующем виде. Пусть удельное отклонение от норматива перевозки, обеспечивающей устойчивую технологию некоторого потребителя транспортных услуг в период  $T_i - \Delta \geq 0$ , ведет к затратам  $e_1$ , а при условии  $\Delta < 0$  – приводит к дополнительным затратам  $e_2$ . Обозначим вероятности технологических рисков отклонений  $\Delta$  от плановых эталонных значений  $Q_i$  через величины

$P_{j_{св}}(\Delta); P_{j_{ин}}(\Delta)$ . Тогда оценки соответствующих рисков равны:

$$\Delta E_{j_{св}} = [\Delta Q_{j_{св}} = (Q_{j_{св}} - Q_{j_{св}}(N_{св}))] * P_{j_{св}} \dot{\alpha}_q; \quad q = \overline{1, 2}, \quad (4)$$

где  $Q_{i_{св}}$  – соответствует планируемым оценкам (2),  $Q_{j_{св}}(N_{св})$  – действительная реализация перевозки собственным парком вагонов операторов для периода  $T_i$ , ожидаемая с вероятностью  $P_{j_{св}}(\Delta)$ .

С помощью оценок рисков по периодам  $T_i$  (2) может быть рассчитана интегральная оценка экономического риска от перевозки  $Q_{св}$  собственным парком операторов, а также вагонами инвентарного парка, следующим образом:

$$E_{св}^{(P)} = \sum_j e_{j_{св}}^{(P)} \omega_{j_{св}}^{(P)}, \quad (5)$$

$$E_{ин}^{(P)} = \sum_j e_{j_{ин}}^{(P)} \omega_{j_{ин}}^{(P)}, \quad (6)$$

где

$$e_{j_{св}}^{(P)} = \begin{cases} \sum_i \Delta Q_{j_{св}} P_{j_{св}}^{(+)} \dot{\alpha}_1; \Delta_i^{св} > 0; \\ \sum_i |\Delta Q_{j_{св}}| P_{j_{св}}^{(-)} \dot{\alpha}_2; \Delta_i^{св} < 0, \end{cases} \quad (7)$$

$P_{j_{св}}^{(+)}, P_{j_{св}}^{(-)}$  – оценки вероятностей событий при  $\Delta \geq 0$  и  $\Delta < 0$  соответственно, а

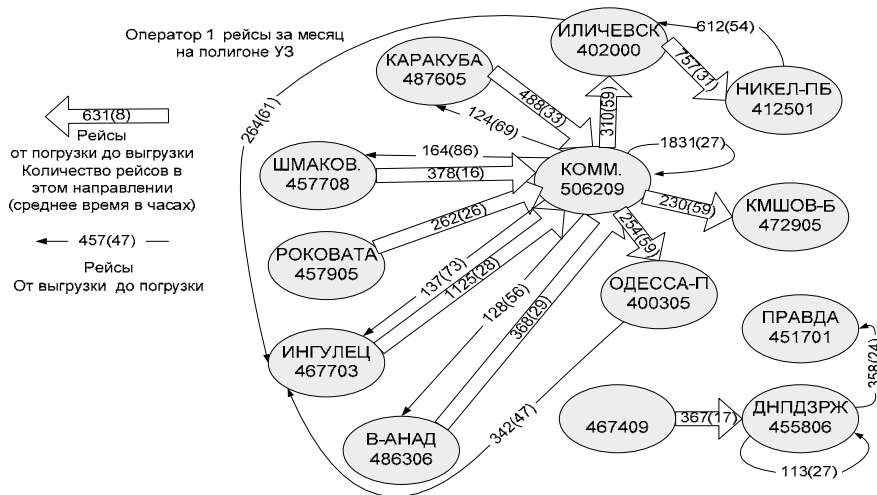


Рис. 1. Схема рейсов работы оператора 1 за месяц

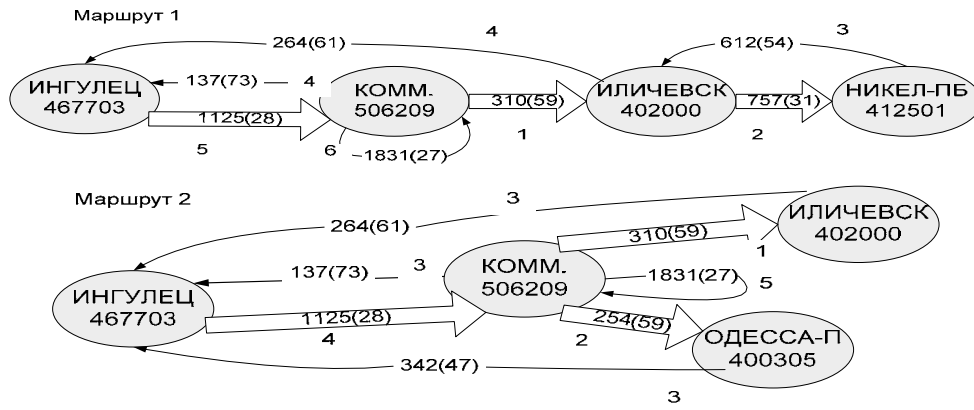


Рис. 2. Примеры кольцевых маршрутов работы оператора 1

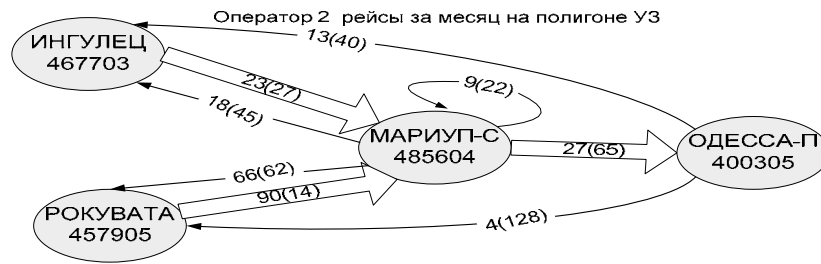


Рис. 3. Схема рейсов работы оператора 2 за месяц

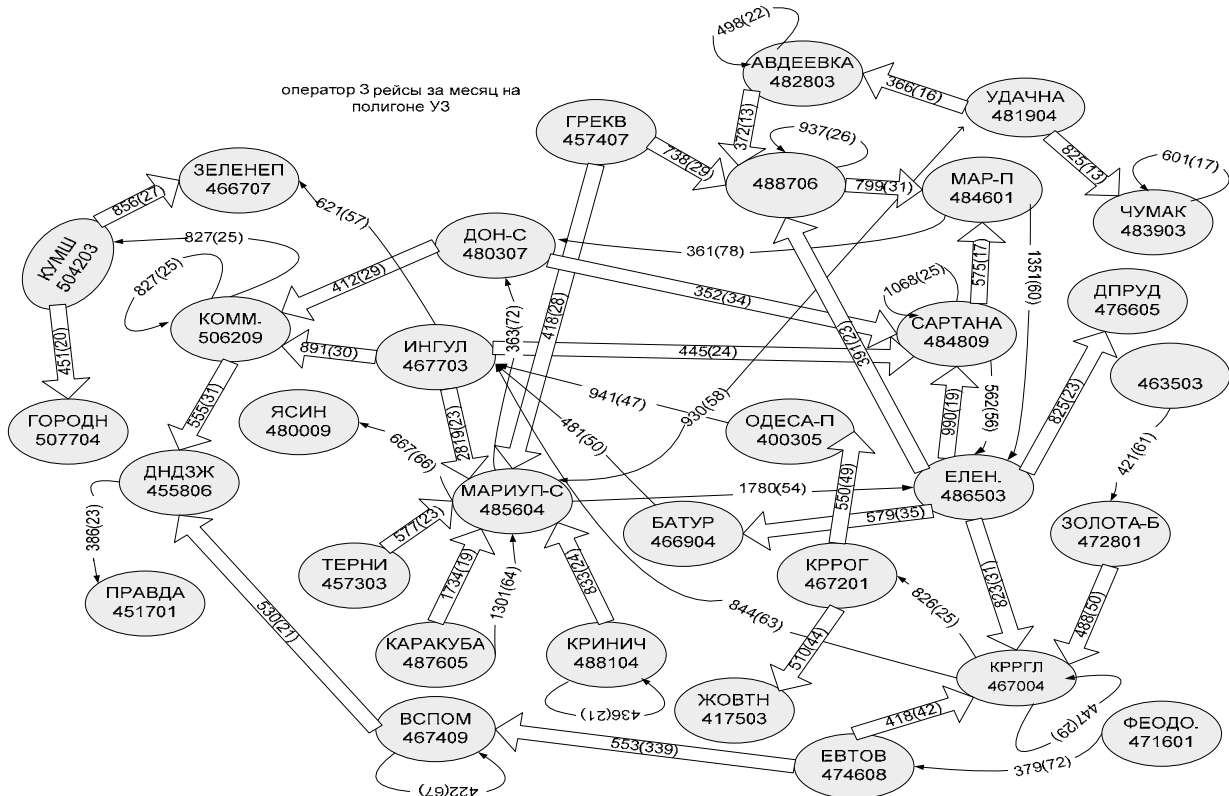


Рис. 4. Схема рейсов работы оператора 5 за месяц

$$e_{j_{ин}}^{(P)} = \begin{cases} \sum_i \Delta Q_{j_{ин}} P_{j_{ин}}^{(+)} \dot{\alpha}_3; \Delta_i^{св} > 0; \\ \sum_i |\Delta Q_{j_{ин}}| P_{j_{ин}}^{(-)} \dot{\alpha}_4; \Delta_i^{ин} < 0. \end{cases}$$

(8)

Согласно (8) формируются оценки финансовых рисков при перевозках грузов вагонами инвентарного парка. В (8) характеристики  $e_3$  и  $e_4$  содержательно соответствуют дополнительным

затратам ( $e_1, e_2$ ), но представляют свойства перевозок вагонами инвентарного парка.

Величины (7), (8) служат оценками экономических рисков, возможных из-за неравномерности процессов доставки грузов. Дополнительные затраты, риски, а также качество услуг в виде сохранности перевозимых грузов могут быть представлены таким же образом. Для расчетов этих количественных показателей могут быть использованы результаты [1, 2].

Целевая функция и задача оптимизации по оценке величины потребного парка вагонов операторов  $N$ , полученная с использованием построенных моделей рисков, имеет вид:

$$E_{\Sigma}(N) = E_{\text{пок}}(N) + E_{\text{рем}}(N) + E_{\text{экспл}}(N) + E_{\text{упр}}(N) + E_{\text{св}}^{(P)}(N) + E_{\text{ин}}^{(P)}(N) \rightarrow \min_{Q_{\text{св}}}, \quad (9)$$

где  $E_{\text{пок}}(N)$  – затраты на приобретение вагонов;  $E_{\text{рем}}(N)$  – затраты на ремонт;  $E_{\text{экспл}}(N)$  – затраты, связанные с эксплуатационными расходами;  $E_{\text{упр}}(N)$  – управление вагонным парком;  $E_{\text{св}}^{(P)}(N), E_{\text{ин}}^{(P)}(N)$  – дополнительные финансовые риски из-за неравномерности доставки грузов, полученные на основе уравнений (5), (6).

В модели задачи расчета ПВПОК (4) наряду со значениями  $E_{\text{св}}^{(P)}(N), E_{\text{ин}}^{(P)}(N)$  могут быть учтены и другие дополнительные финансовые риски, связанные с износом парка вагонов, надежностью времени прибытия грузов и остальными перечисленными выше факторами.

Укрупненный алгоритм расчета основных производственных фондов компаний операторов относительно рационального парка собственных вагонов, используемых на нескольких маршрутах, составляет последовательность таких операторов:

1. Задать предполагаемый объем  $Q_{\text{св}}$ , а также его составляющие (2).
2. Оценить показатели (3), (4).
3. Вычислить оценки затрат (7), (8) как компоненты (5), (6).
4. Перебором  $Q_{\text{св}}$ , последовательно изменяя предполагаемый объем грузов, который перевозится собственным вагонным парком оператора, найти  $\min E_{\Sigma}(N)$  (9).

В модель задачи (2) – (10) планирования основных производственных фондов могут быть введены ограничения на отдельные составляющие  $E_{\text{пок}}(N), E_{\text{рем}}(N), E_{\text{экспл}}(N), E_{\text{упр}}(N)$

(финансовые, технологические, организационные), или же на суммарный объем используемых ресурсов, например, в таком виде

$$E_{\text{пок}}(N) + E_{\text{рем}}(N) + E_{\text{экспл}}(N) + E_{\text{упр}}(N) + E_{\text{св}}^{(P)}(N) + E_{\text{ин}}^{(P)}(N) \leq E_{\text{const}}. \quad (10)$$

Реализация дискретной экстремальной задачи (2) – (10) выполняется методом перебора в связи с высокой ответственностью принятия решения об основных производственных фондах операторской компании, а также из-за отсутствия временных ограничений на время реализации разработанной модели.

Вероятностные меры рисков  $P_{j_{\text{св}}}(\Delta), P_{j_{\text{ин}}}(\Delta)$  и др., используемые в математической модели планирования (2) – (10), могут быть получены на основе анализа данных мониторинга процесса грузовых перевозок по данным автоматизированной системы АСК ВП УЗ. Возможны и другие методики определения параметров моделей, однако вопросы выходят за рамки представленной работы.

## Выводы

Разработана методика оценки экономической эффективности использования основных производственных фондов операторов железнодорожного транспорта, в которой задача планирования ОПФ представлена как задача стохастического программирования в условиях риска. Особенность методики состоит в учете возможности многовариантного использования собственных вагонов операторов и привлечения для организации перевозок ресурсов других компаний. В рамках методики открываются возможности для кооперации нескольких перевозчиков, а также снижения финансовых и технологических рисков по доставке грузов. Для получения значений параметров математических моделей используются реальные данные автоматизированных систем грузовых перевозок Укрзализныци.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Данько, М. І. Визначення парку вагонів операторських компаній для забезпечення перевезень вантажів залізничним транспортом [Текст] / М. І. Данько, В. В. Кулешов // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2004. – Вип. 57. – С. 121-128.
2. Кулешов, В. В. Удосконалення технології перевезень вагонами операторських компаній на основі ресурсозбереження [Текст]: автореф. дис.

- ... канд. техн. наук / В. В. Кулешов. – Х.: УкрДАЗТ, 2006. – 20 с.
3. Скалозуб, В. В. Оценка оптимального потребного парка вагонов операторов с учетом технологического-экономических рисков [Текст] / В. В. Скалозуб, О. В. Солтысюк, М. С. Чердниченко // Вісник Дніпроп. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 17. – Д.: Видво ДНУЗТ, 2007. – С. 48-55.
  4. Тишкин, Е. М. Информационно-управляющие технологии эксплуатации вагонного парка [Текст] / Е. М. Тишкин // Тр. ВНИИАС. – 2004. – Вып. 4. – М., 2004. – 184 с.

Поступила в редколлегию 16.07.2008.