

ISSN 2306-1561

**Automation and Control in Technical Systems (ACTS)**

2015, No 2, pp. 231-236.

DOI: 10.12731/2306-1561-2015-2-20

---



## **Insurance of Cars Parks, which are Engaged in Transportation of Goods**

**Dmitriy Gennadievich Moroz**

Russian Federation, Ph. D., Associate Professor, Department of «Road transport».

State Technical University – MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. <http://www.madi.ru>

morozmadi@mail.ru

**Alexander Zurabovich Machitadze**

Russian Federation, Undergraduate Student, Department of «Road transport».

State Technical University – MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. <http://www.madi.ru>

machitadze-san@mail.ru

**Abstract.** This article discusses insurance issues car fleet transport company (FTC) with similar fleet of vehicles consisting of one or several similar groups), with a certain qualification of drivers, with the same air cargo operating in a certain area. It is believed that the car repairs done by the standard procedure, i.e. we use the same type of repair station. Mathematical models of calculation of losses without taking into account the reserve and the reserve cars.

**Keywords:** trucking companies, insurance, cars parks, calculation of losses, the model with redundancy, model without reserve, probability of ruin.

---

ISSN 2306-1561

**Автоматизация и управление в технических системах (АУТС)**

2015. – № 2. – С. 231-236.

DOI: 10.12731/2306-1561-2015-2-20

---



УДК 368.2

## **Страхование парков автомобилей, занимающихся перевозками грузов**

**Мороз Дмитрий Геннадьевич**

Российская Федерация, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные перевозки».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

morozmadi@mail.ru

**Мачитадзе Александр Зурабович**

Российская Федерация, студентка кафедры «Автомобильные перевозки».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

machitadze-san@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы страхования парка автомобилей автотранспортного предприятия (АТП) (с однотипным парком автомобилей или состоящим из нескольких однотипных групп), с определенной квалификацией водителей, с одинаковым перевозимым грузом, работающего на определенной территории. Считается, что ремонт автомобилей производится по стандартной процедуре, то есть используются однотипные ремонтные станции. Предложены математические модели расчета убытков без учета резерва и с учетом резерва автомобилей.

**Ключевые слова:** автотранспортное предприятие, страхование, парк автомобилей, расчет убытков, модели с резервом, модели без резерва, вероятность разорения.

### **1. Введение**

В настоящее время в связи с развитием всех сфер экономики транспортные потоки и, в частности, потоки перевозимых грузов, составляют очень большую величину, с которой нельзя не считаться [9 ... 14]. А как известно, в любой сфере

деятельности существуют экономические риски, то есть возможности потерять большие денежные средства [1]. Поэтому большое значение приобретает деятельность страховых компаний. Благодаря их услугам любое предприятие может за достаточно малую сумму (страховые взносы) переложить ответственность за возмещение возможных убытков на страховую компанию. В связи с этим очевидна актуальность моделей оптимизации деятельности предприятий с учетом не только обычных доходов и издержек, но и страховых выплат [2].

Как известно, в практике страхования важнейшее значение имеет определение размера средних убытков, то есть средней суммы исков, предъявленных компании по страховым контрактам. Ведь именно исходя из этой суммы вычисляется размер страховых взносов, то есть платы клиента за страховку. Для определения средней ожидаемой величины убытков используют математическое ожидание.

## 2. Модель без резерва

Если для каждого оговоренного контрактом страхования страхового случая (события, влекущего выплаты клиенту компенсации) известна величина расходов страховой компании (связанных с ремонтом оборудования или закупкой нового) и, на основании статистики, вероятность наступления события, то математическое ожидание определяется следующим образом [3]:

$$EX = \sum_{i=1}^n p_i \times a_i$$

где

$p_i, i=1 \dots n$  – вероятностный ряд,

$a_i, i=1 \dots n$  – соответствующий ему ряд выплачиваемых клиентам сумм.

Если же страхуют некоторое число  $N$  объектов с одинаковыми рядами вероятностей и убытков, то формула примет вид:

$$ES = N \times \sum_{i=1}^n p_i \times a_i$$

где  $S$  – сумма  $N$  случайных величин  $X$ .

Но это простейший случай, который далеко не всегда подходит для модели страхования. Рассмотрим, к примеру работу АТП, занимающегося перевозкой грузов.

Будем считать, что в течение некоторого периода времени работает  $N$  автомобилей, каждый из них с фиксированной нагрузкой (количество перевозимого груза) [4]. Резервные автомобили в начале рассматривать не будем. Ряды вероятностей и ущерба –  $p = (p_1, \dots, p_n)$  и  $a = (a_1, \dots, a_n)$ . По простейшей формуле мы получим

$$ES = N \times \langle p, a \rangle$$

где  $\langle \rangle$  - скалярное произведение.

Но предположим, что произошла поломка одной из машин, и она нуждается в ремонте. Это приводит к убыткам, входящим в нашу формулу, тогда как сроки и общее количество груза от этого не изменятся, и каждый из оставшихся автомобилей должен

будет брать груза больше, чем раньше. А это означает увеличение вероятности поломки. Можно, например, считать, что это увеличение пропорционально, то есть

$$p_{(1)} = (N / N - 1) \times p$$

Здесь  $p_{(1)}$  – также ряд вероятностей. Заметим, что это упрощение несколько искусственно и подходит лишь для случая с большим числом автомобилей, иначе увеличение вероятностного ряда будет слишком значительным, и его сумма даже может превысить единицу, что является недопустимым. Надо помнить, что у любого автомобиля может произойти отказ, и, следовательно, количество потерянных автомобилей может быть, вообще говоря, от 1 до  $N$ . Тогда получаем следующую формулу:

$$ES = \sum_{i=1}^N P(K = i) \times A_i$$

где  $K$  – количество исправных автомобилей,  $A_i$  – ущерб при  $i$  исправных автомобилях.

Очевидно, что бессмысленно рассматривать сумму от 1 до  $N$ , так как вероятность поломки всех автомобилей при большом  $N$  чрезвычайно мала. Поэтому, исходя из реальных данных, надо «обрубить хвосты» у этой формулы [5]. Тогда получим ту же сумму, но с нумерацией от  $NI$  до  $N$ . Это, как мы увидим дальше, не совсем точная формула с точки зрения формальных обозначений. Теперь нам надо вычислить члены этой суммы. Здесь мы считаем, что каждое повреждение влечет за собой выход машины из строя на весь период данных работ. Получим:

$$P(K = N - 1) = (1 - h_{(1)})^{N-1} \times p$$

где  $h_{(1)}$  – сумма вектора  $p_{(1)}$ . Здесь  $p$  – вероятность того, что один из автомобилей выйдет из строя,  $(1 - h_{(1)})^{N-1}$  – вероятность того, что все остальные продолжат работать до конца срока с учетом новой нагрузки на каждый автомобиль. Здесь не учитывается момент выхода из строя машины, ведь до него вероятностный ряд равнялся  $p$ , а после –  $p_{(1)}$ , то есть тут при строгом рассмотрении надо ввести поправочный коэффициент между  $p$  и  $p_{(1)}$ , то есть вместо  $p$  подставить

$$p + l \times (p_{(1)} - p)$$

Этот коэффициент зависит от момента выхода машины из строя. Получаем общую формулу для члена суммы:

$$P(K = s) \times A_s = \sum_{i_1=1}^n \dots \sum_{i_{N-s}=1} (p_{(1)}^{i_1} \times p_{(2)}^{i_2} \times \dots \times p_{(N-s-1)}^{i_{N-s}} \times (a_{i_1} + \dots + a_{i_{N-s}})) \times (1 - h_{N-s})^s$$

Здесь  $p_{(j)}$  – векторы вероятностей причинения ущерба автомобилям при условии, что работает  $(N-j)$  автомобилей. Индекс сверху показывает номер элемента в этих векторах.  $h_{(N-s)}$  – сумма вектора  $p_{(N-s)}$ . Таким образом,  $(1 - h_{N-s})^s$  представляет собой

вероятность того, что после выхода из строя  $(N-s)$  автомобилей, оставшиеся  $(s)$  автомобилей продолжат работать до конца срока без поломок.

### 3. Модель с резервом

Рассмотрим более сложную ситуацию. Пусть АТП обладает некоторым резервом автомобилей, которые вступают в работу при поломке основных. Для начала будем считать, что резерв является достаточным, то есть количество резервных автомобилей больше  $(N-N_I-1)$ , где  $N_I$  – номер члена суммы, на котором мы обрываем нашу сумму. Вероятность того, что будет работать количество автомобилей меньше, чем  $N_I$ , достаточно мала и ей можно пренебречь. Введем также величину  $S$  – стоимость дня работы резервного автомобиля и функцию  $t(i)$ . Эта функция обозначает зависимость количества дней, требуемых для ремонта автомобиля от типа его повреждения  $i$ .

В этой модели математическое ожидание величины суммарных убытков будет вычисляться по формуле:

$$ES = \sum_{i=N_I}^N P(K = i) \times A_i$$

Тогда член суммы примет вид:

$$P(K = s) \times A_s = \sum_{i_1=1}^n \dots \sum_{i_{N-s}=1}^n (p_{(1)} \times p_{(2)} \times \dots \times p_{(N-s-1)} \times (t(i_1) \times S + a_{i_1} + \dots + t(i_{N-s}) \times S + a_{i_{N-s}})) \times (1-h)^s$$

где  $h$  – сумма элементов вектора  $p$ .

Здесь, в отличие от предыдущего случая, вероятностный вектор не меняется со временем, но зато расчет величина убытков.

Отметим также, что в обеих моделях убытки вследствие повреждения груза при поломках автомобилей отдельно не рассматриваются и включены в величины  $a_i$ .

Если же количество резервных автомобилей недостаточно велико, то мы придем к модели, представляющей собой комбинацию предыдущих двух. В ней члены суммы будут такими же, как и в модели с резервом, но, начиная с некоторого номера, в них будут входить измененные вероятностные векторы, учитывающие возросшую нагрузку на автомобили. Расчеты по этим моделям представляется необходимым производить с помощью вычислительной техники.

### 4. Заключение

Перейдя к денежным величинам, мы получим, что сумма страховых взносов должна быть не меньше вычисленной нами  $ES$ . Но, как показывает практика, при установке величины взносов равной  $ES$  вероятность разорения  $P(S > ES)$  будет недопустимо большой. Также  $ES P(S > (1+\theta) \times ES)$  не учитывает дополнительные расходы страховой компании (на оформление бумаг, выплату зарплат...). Поэтому

вводится относительная страховая надбавка  $Q$ , обозначающая увеличение размера взносов. Отсюда можно сформулировать две наиболее часто встречающиеся задачи: минимизация вероятности разорения при фиксированной относительной страховой надбавке и минимизация надбавки при фиксированной вероятности разорения. Это вызвано жесточайшей конкуренцией на рынке страхования и необходимостью удержания величины страховых взносов в разумных пределах. Также из этих двух моделей мы можем сформулировать задачу определения, какая из двух описанных выше постановок является более выгодной при различных значениях параметров.

## Список информационных источников

- [1] Архипов, А. П. Страхование: учебник / А. П. Архипов. – М.: КНОРУС, 2012. – 288 с.
- [2] Гинзбург А.И. Страхование. – СПб.: Питер, 2003. – 176 с.: ил.
- [3] Голубин А.Ю. Математические модели в теории страхования: построение и оптимизация. – М.: Анкил, 2003. – 160 с.
- [4] Ермасов, С. В. Страхование: учеб. для бакалавров / С. В. Ермасов, Н. Б. Ермасова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2012. – 748 с.
- [5] Кутуков В.Б. Основы финансовой и страховой математики: Методы расчета кредитных, инвестиционных, пенсионных и страховых схем. – М.: Дело, 1998. – 304 с.
- [6] Орланюк-Малицкая Л.А. – Отв. ред., Янова С.Ю. – Отв. ред. Страхование. Учебник для вузов. – М.: Издательство Юрайт, 2011 г. – 828 с.
- [7] Скамай Л. Г. Страховое дело: учебник / Л. Г. Скамай. – М.: Юрайт, 2011. – 344 с.
- [8] Шахов В.В. Введение в страхование: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 288 с.
- [9] Остроух А.В. Исследование начального периода моделирования на точность среднеинтегральной оценки имитационных моделей / А.В. Остроух, А.А. Солнцев, Н.В. Солдатов, К.А. Новицкий, П.С. Якунин // Вестник МАДИ. – 2010. – Вып. 2(21). – С. 61-65.
- [10] Кузнецов И.А. Особенности реализации автоматизированной информационно-аналитической системы центра планирования перевозок строительных грузов / И.А. Кузнецов, А.В. Остроух // Вестник МАДИ(ГТУ). – М.: МАДИ (ГТУ), 2008. – Вып. 1(12). – С. 92-96.
- [11] Куфтинова Н.Г. Процессно-ориентированный подход к автоматизации планирования и управления транспортировкой продукции предприятий промышленности / Н.Г. Куфтинова, А.В. Остроух // Вестник МАДИ – 2010. – Вып. 4(23). – С. 62-66.
- [12] Башмаков И.А., Остроух А.В. Процессная модель технологии транспортировки бетонных смесей автомобильным транспортом // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. – №3. – С. 10-18.
- [13] Krupensky N.A., Ivakhnenko A.M., Ostroukh A.V. Process-oriented aggregation scorecards operational control forwarding activities // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 1.2 (9). – С. 123-142. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-1-26.
- [14] Ostroukh A.V., Bashmakov I.A., Polgun M.B. Process-Functional Model of Transportation Mix Concrete // Journal of Transportation Technologies (JTT). 2014. Vol. 4, Issue 2, pp.157-163. DOI: 10.4236/jtts.2014.42016.