

Д.С. Грачев

---

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СТРАХОВЫХ РИСКОВ  
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ**

---

Предприятия нефтеперерабатывающей промышленности являются потенциально опасными объектами, для которых типичны риски пожара и взрыва. Многие установки на нефтеперерабатывающих заводах работают с большими количествами легко воспламеняющихся материалов в условиях повышенного давления и температур, представляя опасность разрыва емкостей и возникновения пожаров. Опасности взрыва особенно подвержены установки каталитического крекинга и фракционирования газа. Пожары разливов возникают при наполнении авто- и железнодорожных цистерн нефтью и продуктами ее переработки. Помимо этого применительно к нефтеперерабатывающим заводам существует множество других опасностей природно-техногенного и антропогенного характера.

Целью исследования выступает создание комплексной методики оценки страховых рисков применительно к предприятию нефтепереработки. Задачи включают обоснование, построение и реализацию формальной модели оценки страховых рисков в виде набора страховых состояний и потока переходов между ними.

Методы исследования содержат вероятностную интерпретацию страховой деятельности в виде дифференциальных уравнений Колмогорова и методику оценки интенсивностей переходов между состояниями на основе подходов теории активных систем.

Численная оценка параметров вероятностной модели произведена применительно к деятельности Рязанской нефтеперерабатывающей компании. Показано, что значения финальных вероятностей модели дают возможность определить приоритеты направлений страхования.

*Ключевые слова:* страховой риск, моделирование, вероятность, дифференциальное уравнение, теория активных систем.

D.S. Grachev

---

**INSURANCE RISK ASSESSMENT METHODS  
AT THE ENTERPRISES OF OIL PROCESSING**

---

Oil processing enterprises are potentially dangerous objects, for which the risks of fire and explosion are typical. Many installations in oil refineries operate with large quantities of highly flammable materials, under conditions of high pressure and temperature, posing a risk of bursting vessels and causing fires. Catalytic cracking and gas fractionation plants are particularly prone to explosion hazards. Fires spills occur during the filling of auto – and railway tanks with oil and products of its processing. In addition, there are many other hazards, both natural and technogenic, in relation to oil refineries.

The purpose of the study is to create a comprehensive methodology for assessing insurance risks in relation to an oil refining enterprise. Tasks include justification, construction and implementation of

a formal model for assessing insurance risks in the form of a set of insurance states and a flow of transitions between them.

The methods include probabilistic interpretation of insurance activity in the form of Kolmogorov differential equations and a method for estimating the intensity of transitions between states.

Numerical estimation of the probabilistic model parameters was performed in relation to the activities of the Ryazan oil refining company. It is shown that the values of the model final probabilities make it possible to determine the priorities of insurance directions.

*Keywords:* insurance risk, modeling, probability, differential equation, active systems theory.

### Введение

С позиции оценки страховых рисков каждый потенциально опасный объект (ПОО) находится в различном страховом состоянии. В этой связи можно говорить о потоке страховых состояний, которые по своей сути являются последовательными. Будем утверждать, что поток страховых состояний отдельного объекта удовлетворяет условиям независимости, однородности и ординарности, т.е. представляет собой простейший поток [6].

Определим набор состояний для отдельного объекта страхования, наиболее выгодных для страхователя. Рассмотрим три основных состояния:

- первоочередное (приоритетное) страхование CPI (Condition Priority Insurance);
- обсуждаемое (второстепенное) страхование CSI (Condition Secondary Insurance);
- отсроченное (на некоторый период времени) страхование CDI (Condition Deferred Insurance).

Состояние CPI соответствует ситуации, при которой страхователю выгодно страховать определенный вид объектов, применительно к которым страховые выплаты в случае реализации страхового случая многократно покроют его расходы. В этой ситуации страховые риски  $r_s$  будут незначительными для страхователя ( $r_s < 0,5$ ).

Состояние CSI отражает то обстоятельство, что расходы страхователя могут быть значительными по сравнению с величинами страховых выплат при реализации страхового случая, а в лучшем случае могут только покрыть расходы страхователя. Тогда страховые риски  $r_s$  являются равновесными ( $r_s = 0,5$ ).

Состояние CDI определяет ситуацию, когда страхователю невыгодно страховать данный вид объектов, но делать это необходимо, поэтому процедуру по страхованию лучше отсрочить на некоторое время, когда у страхователя будет больше финансовых, экономических и иных возможностей. Страховые затраты при этом могут значительно превысить страховые выплаты в случае реализации страхового случая. Страховые риски  $r_s$  при этом будут значительными для страхователя ( $r_s > 0,5$ ).

Каждому из вышеописанных страховых состояний соответствуют следующие вероятности: CPI – вероятность  $V_1(t)$ ; CDI – вероятность  $V_2(t)$ ; CSI – вероятность  $V_3(t)$ .

## Методы моделирования

Чтобы составить систему уравнений для динамики вероятностей  $V_1(t)$ ,  $V_2(t)$ ,  $V_3(t)$ , определим интенсивности процессов  $\beta_{ij}$  ( $i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$ ), окончание которых означает переход из страхового состояния  $i$  в страховое состояние  $j$ . Тогда изменения указанных вероятностей описываются следующей системой дифференциальных уравнений Колмогорова [7] (рис.):

$$\begin{cases} V_1'(t) = -\beta_{13}V_1(t) + \beta_{31}V_3(t), \\ V_2'(t) = -\beta_{23}V_2(t) + \beta_{32}V_3(t), \\ V_3'(t) = \beta_{13}V_1(t) + \beta_{23}V_2(t) - (\beta_{31} + \beta_{32})V_3(t). \end{cases} \quad (1)$$

Для разрешения этой системы заменим любое из ее уравнений (например, третье) условием нормировки  $V_1(t) + V_2(t) + V_3(t) = 1$ . Тогда система уравнений (1) переписывается в виде

$$\begin{cases} -\beta_{13}V_1(t) + \beta_{31}V_3(t) = V_1'(t), \\ -\beta_{23}V_2(t) + \beta_{32}V_3(t) = V_2'(t), \\ V_1(t) + V_2(t) + V_3(t) = 1. \end{cases} \quad (2)$$

Выразим из третьего уравнения системы (2) функции  $V_1(t)$  и  $V_2(t)$ :

$$V_3(t) = 1 - V_1(t) - V_2(t). \quad (3)$$

Подставив соотношение (3) в систему (2), получим

$$\begin{cases} (-\beta_{13} - \beta_{31})V_1(t) - \beta_{31}V_2(t) + \beta_{31} = V_1'(t), \\ -\beta_{32}V_1(t) + (-\beta_{23} - \beta_{32})V_2(t) + \beta_{32} = V_2'(t). \end{cases} \quad (4)$$

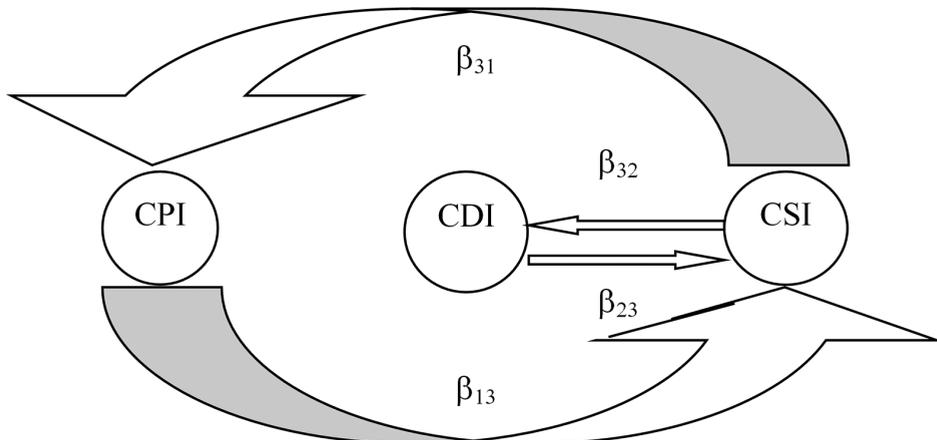


Схема взаимопереходов между страховыми состояниями

Вводя обозначения  $a_1 = -\beta_{13} - \beta_{31}$ ;  $b_1 = -\beta_{31}$ ;  $a_2 = -\beta_{32}$ ;  $b_2 = -\beta_{23} - \beta_{32}$ , запишем следующую систему дифференциальных уравнений, где переменные со штрихами – производные по времени:

$$\begin{cases} V_1'(t) = a_1 V_1(t) + b_1 V_2(t) + \beta_{31}, \\ V_2'(t) = a_2 V_1(t) + b_2 V_2(t) + \beta_{32}. \end{cases} \quad (5)$$

Рассмотрим решение однородной системы:

$$\begin{cases} V_1'(t) = a_1 V_1(t) + b_1 V_2(t), \\ V_2'(t) = a_2 V_1(t) + b_2 V_2(t). \end{cases} \quad (6)$$

Дифференцируя по времени первое уравнение из (6) и последовательно выполняя преобразования, найдем

$$V_1''(t) = (a_1^2 + a_2 b_1) V_1(t) + (a_1 b_1 + b_1 b_2) V_2(t). \quad (7)$$

Сформируем на основе первого уравнения (6) и соотношения (7) систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} V_1'(t) = a_1 V_1(t) + b_1 V_2(t), \\ V_1''(t) = (a_1^2 + a_2 b_1) V_1(t) + (a_1 b_1 + b_1 b_2) V_2(t). \end{cases} \quad (8)$$

Выражая из первого уравнения (8) функцию  $V_2(t)$  и подставляя соотношение для нее во второе уравнение (8), придем к следующему дифференциальному уравнению второго порядка:

$$V_1''(t) - (a_1 + b_2) V_1'(t) + (a_1 b_2 - a_2 b_1) V_1(t) = 0. \quad (9)$$

Вводя обозначения  $K_1 = -(a_1 + b_2)$ ;  $K_0 = a_1 b_2 - a_2 b_1$ , запишем

$$V_1''(t) + K_1 V_1'(t) + K_0 V_1(t) = 0. \quad (10)$$

Характеристическое уравнение для (10) имеет вид

$$\lambda^2 + K_1 \lambda + K_0 = 0, \quad (11)$$

корни которого находятся из соотношения

$$\lambda_{1,2} = \frac{a_1 + b_2}{2} \pm \frac{\sqrt{a_1^2 + b_2^2 - 2a_1 b_2 + 4a_2 b_1}}{2}. \quad (12)$$

Чтобы выяснить, к полю каких чисел относятся корни уравнения (12) и каким образом записывается решение уравнения (1), необходимо численно оценить величины  $\beta_{ij}$ , отражающие переход из страхового состояния  $i$  в страховое состояние  $j$ .

С этой целью рассмотрим методику оценки  $\beta_{ij}$ , основанную на подходах теории активных систем [4]. Согласно моделям, предложенным в работе [3], ожидаемое значение целевой функции страхователя  $ObjF$  имеет вид

$$ObjF = RV - CT - PV - Ins + Ver \times [(1 + \xi) \times Ind - Q], \quad (13)$$

где  $RV$  (Revenue) – доход от хозяйственной деятельности страхователя;  $CT$  (Cost) – его затраты на эту деятельность;  $PV$  (Preventive) – затраты на проведение предупредительных мероприятий против существующих опасностей;  $Ins$  (Insurance) – страховой взнос;  $Ind$  (Indemnity) – страховое возмещение;  $Ver$  – вероятность наступления страхового слу-

чая;  $\xi$  – коэффициент, отражающий отношение страхователя к риску;  $Q$  – потери при наступлении страхового случая.

В таком случае значение целевой функции страховщика *Objf* будем определять на основании следующего выражения [8]:

$$Objf = Ins - Ver \times Ind. \quad (14)$$

Страховой тариф при этом определяется как сумма нетто-ставки и нагрузки к нетто-ставке  $\xi_0$  (нагрузка к нетто-ставке включает рисковую надбавку, коммерческую надбавку и предупредительную надбавку), т.е.

$$Ins = (Ver + \xi_0) \times Ind. \quad (15)$$

При таком подходе условие выгоды страхования для страхователя имеет вид [Там же]

$$Ins \leq Ver \times (1 + \xi) \times Ind, \quad (16)$$

а для страховщика [Там же]

$$Ins \geq Ver \times Ind. \quad (17)$$

Условие морального риска (отражающее непобуждение страхователя к заинтересованности в наступлении страхового случая):

$$(1 + \xi) \times Ind \leq Q. \quad (18)$$

Пусть имеет место полная компенсация ущерба, т.е. условие (18) выполняется как равенство. Тогда справедливы следующие соотношения [3]:

$$Ins = \frac{Ver + \xi_0}{1 + \xi} \cdot Q; \quad (19)$$

$$Ind = \frac{Q}{1 + \xi}. \quad (20)$$

Из соотношений (19), (20) следует, что величина страхового взноса растет с увеличением вероятности наступления страхового случая, потерь и нагрузки к нетто-ставке. В то же время размер страхового возмещения растет с ростом потерь, убывает с ростом коэффициента  $\xi$  и не зависит от вероятности наступления страхового случая и нагрузки к нетто-ставке (что обусловлено введенным выше предположением о полной компенсации ущерба).

Подставляя выражения (19), (20) в целевые функции страхователя и страховщика и обозначая  $G = RV - CT - PV$ , получим

$$Objf = G - \frac{Ver + \xi_0}{1 + \xi} \cdot Q; \quad (21)$$

$$ObjF = \frac{\xi_0}{1 + \xi} \cdot Q. \quad (22)$$

Из (21)–(22) видно, что полезность для страхователя убывает с увеличением потерь, вероятности наступления страхового случая и нагрузки к нетто-ставке, а ожидаемая полезность страховщика не зависит от вероятности наступления страхового случая (объ-

ясняется тем, что он не склонен к риску) и возрастает с увеличением потерь и нагрузки к нетто-ставке [3].

Выгодность для страховщика оценивается величиной  $ObjF$ , а выгодность страхования – величиной  $Objf$ .

В этом случае величины  $\beta_{ij}$  (где  $i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$ ) из уравнений (1) будем численно оценивать на основании следующих выражений:

$$\begin{cases} \beta^{13} = ObjF, \\ \beta^{32} = ObjF + Q, \\ \beta^{23} = Ind + ObjF, \\ \beta^{31} = Objf, \end{cases} \quad (23)$$

где переходные величины в левой части пока не выступают как интенсивности переходов в (1), являясь ненормированными и размерными величинами (поэтому отмечены верхними индексами).

Объясним смысл переходных величин  $\beta^{ij}$ .

*Первое.* Переход страхования из приоритетного состояния CPI (выгодного для страхователя) во второстепенное состояние CSI вызван тем, что некоторый вид объектов требуется застраховать, но расходы на это могут значительно превышать величину страховых выплат или в лучшем случае только покрывать расходы страхователя при страховании данного объекта. То есть здесь более выгодны интересы страховщика, поэтому величина  $\beta^{13}$  определяется полезностью для него.

*Второе.* Переход в состояние CDI (отсроченное страхование) характеризует ситуацию, когда страхователю невыгодно страховать данный вид объектов, но делать это нужно в обязательном порядке; оценивается на основании величины  $\beta^{32}$ , суммарно представляющей собой полезность для страховщика и те потери, которые понесет страхователь в случае реализации страхового случая по конкретному виду объектов.

*Третье.* Обратный переход из состояния CDI в CSI, отражаемый величиной  $\beta^{23}$ , определяется с учетом полезности для страховщика и страхового возмещения по конкретному виду объектов.

*Четвертое.* Величина  $\beta^{31}$ , отражающая переход из состояния CSI в состояние CPI, определяется полезностью для страхователя.

Учитывая, что показатели в правой части (23) имеют размерность, перейдем к безразмерным интенсивностям  $\beta_{ij}$ , пронормировав величины  $\beta^{ij}$  следующим образом:

$$\beta_{ij} = \frac{\beta^{ij}}{Ind + Q + Objf + 3ObjF}. \quad (24)$$

Пусть некоторый объект страхования описывается следующими финансово-экономическими показателями (табл. 1).

Таблица 1

**Финансово-экономические показатели объекта страхования**

Показатели объекта страхования			
<i>Ind</i>	<i>Q</i>	<i>Objf</i>	<i>ObjF</i>
74 030	576,5606	878 945,8	113 908,2

Выпуск 3/2020

Для рассматриваемого примера коэффициент  $\beta_{13}$  равен

$$\beta_{13} = \frac{ObjF}{Ind + Q + Objf + 3ObjF} = \frac{113908,2}{74030 + 576,5606 + 878945,8 + 3 \cdot 113908,2} = 0,087941. \quad (25)$$

Остальные коэффициенты оцениваются как

$$\begin{aligned} \beta_{32} &= \frac{ObjF + Q}{Ind + Q + Objf + 3ObjF} = 0,088386 ; \\ \beta_{23} &= \frac{Ind + ObjF}{Ind + Q + Objf + 3ObjF} = 0,145095 ; \\ \beta_{31} &= \frac{Objf}{Ind + Q + Objf + 3ObjF} = 0,678578 . \end{aligned} \quad (26)$$

При таком определении нормированных  $\beta_{ij}$  очевидно, выполняется условие

$$\sum \beta_{ij} = \beta_{13} + \beta_{32} + \beta_{23} + \beta_{31} = 1. \quad (27)$$

Значения корней характеристического уравнения  $\lambda_1 = -0,13805$ ;  $\lambda_2 = -0,86195$  относятся к полю действительных чисел, что соответствует общим решениям вида

$$W(t) = \alpha_1 e^{\lambda_1 t} + \alpha_2 e^{\lambda_2 t}. \quad (28)$$

#### Результаты и обсуждение

Численная оценка параметров  $\beta_{ij}$  применительно к реальному объекту произведена на основании информации о финансово-хозяйственной деятельности Рязанской нефтеперерабатывающей компании (<https://www.audit-it.ru/>), являющейся одной из крупнейших в России.

В таблице 2 приведены направления страхования НПЗ  $X_i$  ( $i = 1, \dots, 8$ ).

Таблица 2

#### Направления страхования

Номер направления	Название направления страхования
1	Объекты недвижимости
2	Производственное и технологическое оборудование
3	Товарно-сырьевые запасы, складское оборудование
4	Инвентарь, внутренняя отделка помещений, предметы интерьера, мебель, офисное и торговое оборудование
5	Денежная наличность, ценные бумаги, изделия из полу- и драгоценных материалов
6	Убытки от перерыва в хозяйственной деятельности
7	Потеря арендной платы
8	Расходы на расчистку территории

Величины целевых функций страхователя и страховщика рассчитаны для значения коэффициента  $\xi$ , отражающего отношение страхователя к риску, равного 0,5.

В таблице 3 приведены сведения о финансово-хозяйственной деятельности НПЗ «Рязанская нефтеперерабатывающая компания», необходимые для расчета численных значений по рассматриваемой методике для направлений страхования.

Таблица 3

**Значения величин, входящих в расчетные соотношения целевых функций страхователя и страховщика**

	<i>RV</i>	<i>CT</i>	<i>PV</i>	<i>Ins</i>	<i>Ind</i>	<i>Q</i>	<i>Objf</i>	<i>ObjF</i>
$X_1$	23 613 503	21 436 915	1 215 035	177 500	74 030	576,5606	878 945,8	113 908,2
$X_2$	17 719 748	16 086 420	911 771,2	162 500	71 942	459,2634	628 321,5	116 126,2
$X_3$	5 393 445	4 896 301	277 520,2	96 000	17 684	58,16352	128 816,7	92 530,4
$X_4$	20 546 222	18 652 362	1 057 208	170 500	81 162,4	572,5819	756 717,9	109 837,6
$X_5$	2 078 758	1 887 147	106 962,7	60 000	10 764	21,8324	25 867,35	59 186,03
$X_6$	6 784 965	6 159 557	349 121	104 000	27 312	104,3141	182 373,1	97 258,85
$X_7$	7 422 722	6 738 528	381 936,8	112 000	29 708	115,264	202 258,4	103 978,2
$X_8$	1 611 436	1 462 901	82 916,58	50 000	6610	12,47153	16 198,95	49 612,52

На основании таблицы 3 по выражениям (24) рассчитаны значения параметров  $\beta_j$ , входящих в систему дифференциальных уравнений (1), а также значения корней  $\lambda_{1,2}$  характеристического уравнения (11) для направлений страхования (табл. 4).

Таблица 4

**Переходные значения  $\beta^j$  и корни  $\lambda_{1,2}$  характеристического уравнения**

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$\beta_{13}$	113 908,2	116 126,2	92 530,4	109 837,6	59 186,03	97 258,85	103 978,2	49 612,52
$\beta_{32}$	114 484,8	116 585,5	92 588,56	110 410,2	59 207,86	97 363,17	104 093,5	49 624,99
$\beta_{23}$	187 938,2	188 068,2	110 214,4	191 000	69 950,03	124 570,9	133 686,2	56 222,52
$\beta_{31}$	878 945,8	628 321,5	128 816,7	756 717,9	25 867,35	182 373,1	202 258,4	16 198,95
$\lambda_1$	-178 811	-175 827	-102 472	-179 759	-62 185,1	-114 443	-122 926	-51 122,2
$\lambda_2$	-1 116 467	-873 274	-321 679	-988 206	-15 2026	-387 123	-421 090	-120 537

Из таблицы 4 следует, что значения корней  $\lambda_{1,2}$  характеристического уравнения (11) принадлежат полю действительных чисел, т.е.  $\lambda_{1,2} \in \mathcal{R}$ , и не равны друг другу для каждого из направлений страхования. Как уже говорилось, в этом случае общие решения системы однородных уравнений типа (5) будут иметь вид (28) [1].

Частное решение системы (1) находится методом вариации произвольной постоянной [2]. (Чтобы не перегружать статью, процедура решения здесь не приводится.)

Найденное решение дало возможность численно оценить значения функций вероятностей  $V_1(t)$ ,  $V_2(t)$ ,  $V_3(t)$  через годовые промежутки времени для всех направлений страхования.

Важно: оценки показали, что изменение начальных условий не приводит к каким-либо изменениям значений функций вероятностей. В таком случае в поле страховых состояний устанавливается предельный стационарный режим, при котором осуществляются переходы из состояния в состояние, но вероятности состояний не меняются во времени. Поэтому имеет смысл говорить о предельном поведении вероятностей  $V_i(t)$  при  $t \rightarrow \infty$ , т.е. о так называемых финальных вероятностях [5; 9].

В этой связи найдены финальные вероятности путем решения системы линейных алгебраических уравнений, полученных из дифференциальных уравнений Колмогорова:

$$\begin{cases} -\beta_{13}V_1 + \beta_{31}V_3 = 0, \\ -\beta_{23}V_2 + \beta_{32}V_3 = 0, \\ V_1 + V_2 + V_3 = 1. \end{cases} \quad (29)$$

Определитель матрицы коэффициентов системы (29) отличен от нуля для любого  $\beta_{ij}$ , поэтому она имеет единственное решение:

$$\begin{cases} V_1 = \frac{\beta_{23}\beta_{31}}{\beta_{13}\beta_{23} + \beta_{13}\beta_{32} + \beta_{23}\beta_{31}}, \\ V_2 = 1 - \frac{\beta_{13} + \beta_{31}}{\beta_{31}}V_1, \\ V_3 = 1 - V_1 - V_2. \end{cases} \quad (30)$$

По соотношениям (30) найдены величины искомых вероятностей  $V_1, V_2, V_3$  для различных значений коэффициента  $\xi$ , отражающего отношение страхователя к риску. Показано, что значения финальных вероятностей не зависят от величины коэффициента  $\xi$  для всех направлений страхования, что дало возможность по значениям финальных вероятностей определить следующие приоритеты направлений страхования (табл. 5).

Таблица 5

#### Приоритеты направлений страхования

Номер направления	Название направления страхования
1	Объекты недвижимости
2	Инвентарь, внутренняя отделка помещений, предметы интерьера, мебель, офисное и торговое оборудование
3	Производственное и технологическое оборудование
4	Потеря арендной платы
5	Убытки от перерыва в хозяйственной деятельности
6	Товарно-сырьевые запасы, складское оборудование
7	Денежная наличность, ценные бумаги, изделия из полу- и драгоценных материалов
8	Расходы на расчистку территории

#### Заключение

1. Для оценки страховых рисков применительно к потенциально опасным объектам целесообразно применять математическую модель в виде системы дифференциальных уравнений Колмогорова, описывающую набор возможных страховых состояний с переходами между ними в виде простейших потоков событий.

2. В основе методики оценки величин, характеризующих переходы между страховыми состояниями, следует применять модели, основанные на описании процессов страхования, базируясь на подходах теории активных систем.

3. Вероятностная модель оценки страховых рисков при использовании выражения для финальных вероятностей позволяет достаточно уверенно определять приоритеты на-

правлений страхования, наиболее благоприятных для страхователя с финансово-экономической точки зрения.

4. Применительно к крупным предприятиям нефтепереработки приоритеты страхования (возможно, варьирующиеся в зависимости от особенностей конкретного предприятия) распределяются следующим образом: 1) объекты недвижимости; 2) инвентарь, внутренняя отделка помещений, предметы интерьера, мебель, офисное и торговое оборудование; 3) производственное и технологическое оборудование; 4) потеря арендной платы; 5) убытки от перерыва в хозяйственной деятельности; 6) товарно-сырьевые запасы, складское оборудование; 7) денежная наличность, ценные бумаги, изделия из драгоценных и драгоценных материалов; 8) расходы на расчистку территории.

### Литература

1. Агафонов С.А., Муратова Т.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.: Academia, 2018. 352 с.
2. Арнольд В.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.: МЦНМО, 2012. 344 с.
3. Бурков В.Н. и др. Механизмы страхования в социально-экономических системах. М.: ИПУ РАН, 2001. 109 с.
4. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: Синтег, 1999. 128 с.
5. Вентцель А.Д. Курс теории случайных процессов. М.: Наука, 1996. 400 с.
6. Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. М.: Академия, 2003. 429 с.
7. Ито К. Вероятностные процессы. М.: Иностранная литература, 1963. 136 с.
8. Кудрявцев А.А. Актуарная математика. Оценка обязательств компании страхования жизни. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. 240 с.
9. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Методика оценки геоэкологического риска и геоэкологической безопасности ландшафтно-территориальных комплексов // Системы безопасности – СБ-2008: материалы Семнадцатой научно-технической конференции (Москва, 30 октября 2008 г.). М.: АГПС МЧС России, 2008. С. 96–102.

### Literatura

1. Agafonov S.A., Muratova T.V. Obyknovennye differentsial'nye uravneniya. M.: Academia, 2018. 352 s.
2. Arnol'd V.I. Obyknovennye differentsial'nye uravneniya. M.: MTsNMO, 2012. 344 s.
3. Burkov V.N. i dr. Mekhanizmy strakhovaniya v sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh. M.: IPU RAN, 2001. 109 s.
4. Burkov V.N., Novikov D.A. Teoriya aktivnykh sistem: sostoyanie i perspektivy. M.: Sinteg, 1999. 128 s.
5. Venttsel' A.D. Kurs teorii sluchajnykh protsessov. M.: Nauka, 1996. 400 s.
6. Venttsel' E.S. Teoriya sluchajnykh protsessov i ee inzhenernye prilozheniya. M.: Akademiya, 2003. 429 s.
7. Ito K. Veroyatnostnye protsessy. M.: Inostrannaya literatura, 1963. 136 s.
8. Kudryavtsev A.A. Aktuarnaya matematika. Otsenka obyazatel'stv kompanii strakhovaniya zhizni. SPb.: Izd-vo SPbGU, 2003. 240 s.
9. Minaev V.A., Faddeev A.O. Metodika otsenki geoeologicheskogo riska i geoeologicheskoy bezopasnosti landshaftno-territorial'nykh kompleksov // Sistemy bezopasnosti – SB-2008: materialy Semnadsatoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (Moskva, 30 oktyabrya 2008 g.). M.: AGPS MChS Rossii, 2008. S. 96–102.