

**Метод обоснования целесообразности страхования рисков
классификационного общества,
связанных с сертификацией поставщиков**

В.О. Любченко

к.т.н., инженер Регистра Судоходства

М.Я. Постан

д.э.н., профессор, заведующий кафедрой «Менеджмент и маркетинг»

Одесский национальный морской университет

Аннотация. В статье приведен методический подход для минимизации рисков классификационного общества (КО), связанных с предоставлением некачественных услуг признанными им поставщиками. Разработан метод оптимизации уровня качества предоставляемых КО услуг, который позволяет оценить надежность и качество работы поставщиков, а также приведен методический подход для оценки целесообразности страхования рисков, вызванных отказами подсистем судна в процессе его эксплуатации. Дана численная иллюстрация разработанного метода.

Ключевые слова: классификационное общество, поставщики услуг, отказы подсистем судна, теория надежности, оценка рисков, страхование рисков.

**Метод обґрунтування доцільності
страхування ризиків класифікаційного товариства,
пов'язаних з сертифікацією постачальників**

В.О. Любченко

інженер Регістру Судноплавства

М.Я. Постан

д.е.н., професор, завідувач кафедри «Менеджмент і маркетинг»

Одеський національний морський університет

Анотація. У статті наведено методичний підхід для мінімізації ризиків класифікаційного товариства (КТ), пов'язаних з наданням неякісних послуг визнаними ним постачальниками. Вперше наведений метод оптимізації рівня якості надання послуг постачальниками, визнаними КТ, що дозволяє оцінити надійність і якість роботи постачальників, а також наведені методичні підходи оцінки доцільності страхування ризиків, викликаних відмовами підсистем судна в процесі його експлуатації. Наведено числову ілюстрацію розробленого методу.

Ключові слова: класифікаційне товариство, постачальники послуг, відмови підсистем судна, теорія надійності, оцінка ризиків, страхування ризиків.

UDC 656.61.2.001.13

**Method of substantiation of risks insurance
of a classification society related to the vendors certification**

V.O. Lyubchenko

Ph.D., Engineer of the Register of Shipping

M.Ya. Postan

Doctor of Economics, Professor, Head of the Department «Management and Marketing»

Odessa National Maritime University

***Abstract.** In our paper, the methodical approach is proposed for risks minimization of classification society (CS) related to providing the low quality service by recognized vendors. For example, above vendors provide measurement of residual thicknesses of hull, radio expertise, underwater observations, etc. Safe operation of a ship is immediately determined by qualitative and reliable action of vendors.*

The method is worked out for optimization of quality level of services providing to CS by the vendors which allows us to assess reliability and quality of vendors' work, and the methodical approach for expediency of risks insurance determination is proposed, as well. This methodical approach is based on the methods of mathematical reliability theory and evaluation of failures probabilities of some subsystems of ship under operation. It is assumed that quality of vendors work is determined by the volumes of works for each subsystem. The optimization problem is formulated for determination of these volumes which minimize the total average cost for ship observation by vendors and liquidation of failures sequences. The criterion of insurance expediency of failures risk for the ship under operation (between two neighbor examinations) is formulated. The method is illustrated by numerical results.

***Keywords:** classification society, vendors of service, failures of ship's subsystems, reliability theory, risks' assessment, insurance of risks.*

Введение. Одной из основных функций классификационного общества (КО), как известно [1; 2], является проведение периодических проверок судов на предмет соответствия их технического состояния международным и национальным стандартам. Все необходимые виды работ по проведению таких контрольных проверок производятся с участием специальных организаций (так называемых поставщиков), в т.ч.:

– организации, выполняющие работы по проведению радиоэкспертизы, замерам остаточных толщин неразрушающим методом контроля, подводным осмотрам корпуса судна, проектно-конструкторские бюро, верфь и др.;

– организации-разработчики компьютерных программ, необходимых для обеспечения выполнения продукции/услуг на современном уровне.

По результатам признания поставщиков КО выдает им документы сроком на 5 лет при условии периодической проверки не реже одного раза в год.

КО необходимо очень тщательно подходить к признанию поставщиков, так как оно несет ответственность за безопасность судна при его эксплуатации. Инспекторы КО оказывают методическую помощь и рекомендации судовладельцу при выборе им поставщиков из числа признанных КО. В случае наступления рискованного события с судном, находящимся в рейсе, из-за недосмотра поставщика, частичная или полная ответственность может быть возложена на КО поскольку «поставщик» является субподрядчиком по отношению к КО в отношениях, связанных с признанием/сертификацией. Поэтому для минимизации рисков КО, связанных с оказанием некачественных услуг признанными им поставщиками, желательно располагать научно обоснованными методами оценки этих рисков.

Анализ основных достижений и литературы. Методы управления рисками, возникающими в деятельности КО, относятся, главным образом, к области морского страхования [3]. С другой стороны, хотя в настоящее время теория риска является достаточно глубоко разработанной областью прикладной математики [4], однако для решения задач по управлению рисками на морском транспорте она пока еще используется недостаточно широко. Так, например, в работах [5; 6] решены задачи по управлению некоторыми видами финансовых рисков в деятельности судоходных компаний и портов, в [7; 8] рассмотрены различные организационно-экономические проблемы, связанные с управлением рисками в деятельности предприятий морского транспорта. В то же время существующие методы, приемы и средства управления рисками на морском транспорте требуют дальнейшего развития для количественной оценки рисков, возникающих в деятельности КО, в т.ч. связанных с сертификацией поставщиков услуг.

Безопасность судна, находящегося в эксплуатации, существенно зависит от качества и надежности работы поставщиков. Качество их работы можно количественно оценивать объемом выполняемых ими услуг (в денежном выражении). Ясно, что существует экономически целесообразный предел затрат судовладельца на работы, выполняемые поставщиками, который определяется зависимостью вероятности отказа тех или иных элементов (подсистем) судна от указанного объема услуг. Поэтому, минимизируя суммарные затраты на различные виды услуг поставщиков и устранение последствий отказов, можно определить экономически целесообразный предел затрат судовладельца. К указанным отказам можно отнести: отказ винто-рулевого комплекса, энергетической установки, повреждение корпуса судна в результате его посадки на мель или столкновения с плавучими или стационарными объектами, отказ навигационного оборудования и др.

Поэтому актуальной проблемой является определение научно обоснованных рекомендаций для КО по количественной оценке рисков, связанных с нахождением оптимального уровня качества оказываемых услуг поставщиками, признанными КО [9].

Для учета надежности и качества работы поставщиков целесообразно привлечь методы математической теории надежности [10], поскольку эти методы достаточно давно применяются для оценки экономической эффективности использования флота в условиях риска [11,12].

Цель исследования и постановка задачи. Целью данной работы является разработка методических положений для решения КО задачи обоснования выбора надежных поставщиков услуг, обеспечивающих минимизацию рисков внезапных отказов судовых подсистем во время рейса.

Для учета надежности и качества работы поставщиков можно привлечь методы математической теории надежности [10]. Отметим, что эти методы достаточно давно применяются для оценки экономической эффективности использования флота в условиях риска [11; 12].

Изложение основного материала. Предположим, что имеется m поставщиков, оказывающих услуги судовладельцам, в процессе освидетельствования судов. Предположим, что каждый поставщик несет ответственность за качественное проведение освидетельствования одной какой-то подсистемы судна, т.е. будем считать, что судно состоит из m подсистем. Длительность безотказной работы i -й подсистемы в период эксплуатации судна является случайной величиной τ_i с заданной функцией распределения (ф.р.) $A_i(t)$. Все случайные величины $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_m$ предполагаются взаимно независимыми. Обозначим через V_i объем оказываемых услуг i -м поставщиком. Считаем, что ф.р. $A_i(V_i, t)$ является некоторой невозрастающей функцией от V_i , причем

$$\lim_{V_i \rightarrow \infty} A_i(V_i, t) = 0. \quad (1)$$

Условие (1) выражает собой тот факт, что при неограниченном возрастании объема услуг отказ подсистемы на любом конечном интервале времени практически невозможен.

Пусть судно, прошедшее освидетельствование в КО, эксплуатируется в интервале времени $(0, T)$. Если пренебречь временем на устранение отказа любой подсистемы судна (т.е. принять, что оно значительно меньше, чем T) и считать, что отказы всех подсистем происходят независимо друг от друга, то средние суммарные затраты судовладельца, связанные с получением им услуг от всех поставщиков и с устранением отказов в интервале

(0, T), для больших значений T (т.е. значительно больших, чем длительность рейса судна) приблизительно составят

$$\bar{C} = \sum_{i=1}^m v_i + T \sum_{i=1}^m \frac{r_i}{M\tau_i}, \quad (2)$$

где r_i – средние затраты на устранение отказа i -й подсистемы судна;

$M\tau_i = \int_0^{\infty} t dA_i(v_i, t)$ – среднее время безотказной работы i -й подсистемы.

При записи второй суммы в формуле (2) мы воспользовались элементарной теоремой восстановления [13], согласно которой при больших T среднее число восстановлений (отказов) оборудования приблизительно равно $T/M\tau_i$.

Задача сводится к поиску положительных величин v_1, v_2, \dots, v_m , минимизирующих функцию (2) при выполнении условия

$$1 - \prod_{i=1}^m [1 - A_i(v_i, T)] \leq \varepsilon, \quad (3)$$

где ε – заданная малая вероятность. Условие (3) выражает требование, чтобы вероятность хотя бы одного отказа в интервале (0, T) была достаточно малой.

Для решения сформулированной задачи оптимизации необходимо конкретизировать вид ф.р. $A_i(v_i, t)$, а также характер ее зависимости от v_i . В математической теории надежности наиболее часто используется показательный закон распределения времени безотказной работы оборудования, а именно

$$A_i(v_i, t) = 1 - e^{-\lambda_i(v_i)t}, \quad (4)$$

где $\lambda_i(v_i) = 1/M\tau_i$. Что касается зависимости $\lambda_i(v_i)$, то в качестве наиболее простой может быть взята, например, такая:

$$\lambda_i(v_i) = a_i / v_i^{n_i}, \quad (5)$$

где $a_i, n_i > 0$ – параметры, определяемые эмпирическим путем с помощью обработки статистических данных. Можно считать, что параметры n_i , $i = 1, 2, \dots, m$, отражают уровень организации технического обслуживания подсистем судна: чем выше уровень организации обслуживания, тем меньше интенсивность потока внезапных отказов.

С учетом (4), (5) оптимизационная задача примет следующий вид:

$$\bar{C} = \sum_{i=1}^m v_i + T \sum_{i=1}^m \frac{r_i a_i}{v_i^{n_i}} \rightarrow \min, \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m \frac{a_i}{v_i^{n_i}} \geq -\frac{1}{T} \ln(1-\varepsilon), \quad (7)$$

$$v_i > 0, i = 1, 2, \dots, m. \quad (8)$$

Приравняв частные производные функции (6) по v_i к нулю, найдем

$$v_i = (Tr_i n_i a_i)^{1/(n_i + 1)}, i = 1, 2, \dots, m. \quad (9)$$

Подставив формулы (9) в левую часть ограничения (7), убеждаемся, что решение задачи оптимизации дается формулами (9) при выполнении условия

$$\sum_{i=1}^m a_i (Tr_i a_i n_i)^{-n_i/(n_i + 1)} \geq -\frac{1}{T} \ln(1-\varepsilon). \quad (10)$$

Если условие (10) нарушено, то задача решается методом неопределенных множителей Лагранжа. Дифференцируя функцию Лагранжа (здесь φ – неопределенный множитель)

$$L(v_1, \dots, v_m) = \bar{C} + \varphi \left[\sum_{i=1}^m \frac{a_i}{v_i^{n_i}} + \frac{1}{T} \ln(1-\varepsilon) \right],$$

по v_i и приравнявая частные производные к нулю, получим

$$v_i = [a_i n_i (Tr_i + \varphi)]^{1/(n_i + 1)}.$$

Множитель φ находится как единственный (отрицательный) корень уравнения

$$\sum_{i=1}^m a_i [a_i n_i (Tr_i + \varphi)]^{-n_i/(n_i + 1)} = -\frac{1}{T} \ln(1-\varepsilon).$$

Отметим, что статистические данные по оказанию услуг поставщиками КО дают следующие сведения, касающиеся стоимости ремонта судов (выполняемого поставщиками) в зависимости от возраста судна (см. табл. 1).

В табл. 2 приведены результаты численных расчетов по оптимизационной модели (6)–(8) с помощью пакета программ *Excel* (опция «Поиск решения»). В расчетах принято, что имеется два поставщика,

Таблица 1

Статистические данные о стоимости ремонта судов

Возраст судна, лет	Длительность ремонта, сут.	Стоимость ремонта, тыс. евро
До 5	14	100-150
5-10	25-30	300-400
До 30	30	700-800

В расчетах принято, что имеется два поставщика, т.е. $m = 2$, возраст судна 10 лет, $r_1 = 100$ тыс. Евро, $r_2 = 200$ тыс. евро, $T = 90$ сут. (время рейса судна), $\varepsilon = 0,95$. Результаты расчетов показывают, что с ростом показателей степеней n_1, n_2 при $n_1 = n_2$ наблюдается устойчивая тенденция к снижению объемов оказываемых поставщиками услуг v_1, v_2 и значение минимальных затрат судовладельца C . Это объясняется тем, что с ростом показателей n_1, n_2 снижается интенсивность потока отказов подсистем судна (см. (5)), а также соответствующие затраты на ремонт подсистем судна.

Аналогичная оптимизационная модель может быть построена и для случая, когда время восстановления всех подсистем судна после наступления внезапных отказов является случайной величиной, распределенной по известному закону $B_i(t)$. Например, если

$$B_i(t) = 1 - e^{-\mu_i t}, i = 1, 2, \dots, m,$$

где $1/\mu_i$ – среднее время восстановления (ремонта), то целевая функция модели (6)–(8) модифицируется следующим образом:

$$\bar{C} = \sum_{i=1}^m v_i + T \sum_{i=1}^m \frac{r_i \mu_i a_i}{a_i + \mu_i v_i n_i}. \quad (11)$$

Таблица 2

Результаты расчетов по оптимизационной модели

Значения исходных параметров				Оптимальные значения параметров управления, тыс. евро		Минимальное значение целевой функции (6), тыс. евро
n_1	n_2	a_1	a_2	v_1	v_2	
1	1	0,25	0,1	47,44	42,44	179,72
		0,15	0,2	36,77	59,95	193,48
1	2	0,25	0,1	8,19	14,2	306,02
		0,15	0,2	3,07	17,85	471,45
2	1	0,25	0,1	15,68	6,48	309,01
		0,15	0,2	12,00	15,55	268,44
2	2	0,25	0,1	16,5	15,34	47,75
		0,15	0,2	12,36	18,27	50,25
3	3	0,25	0,1	8,03	8,12	23,86
		0,15	0,2	6,23	9,02	25,74

Мы здесь учли, что, согласно теореме восстановления для альтернирующего пуассоновского потока восстановления [13], среднее число восстановлений i -го типа в интервале $(0, T)$ равно

$$\frac{\lambda_i \mu_i T}{\lambda_i + \mu_i}.$$

Таким образом, мы пришли к более общей задаче оптимизации, чем (6), (7): найти значения V_1, V_2, \dots, V_m , доставляющие минимум функцию (11) при условиях (7), (20). Эта задача в вычислительном отношении более сложна, чем предыдущая. Ее можно решить одним из известных численных методов оптимизации [14].

Приведенный выше методический подход к оптимизации уровня качества оказания услуг поставщиками, признанными КО, позволяет решить и другую задачу, тесно связанную с первой, а именно: определить условия, при которых экономически целесообразно (или нецелесообразно) страховать риски, вызванные отказами подсистем судна в процессе его эксплуатации (на заданном периоде T).

Предположим, что судовладелец (или КО) стоит перед выбором: страховать или нет судно от указанных рисков, если страховщик предлага-

ет ему, по условиям страхования, платить за отказ i -й подсистемы страховую премию в размере c_i ?

Для ответа на этот вопрос следует оценить средний (или ожидаемый) выигрыш страхователя (т.е. судовладельца или КО) при страховании и при отказе от него [15].

Обозначим через $\bar{P}_{стр}$ ($\bar{P}_{нстр}$) величину среднего выигрыша страхователя при страховании им рисков отказов каждой подсистемы судна (при отказе от страхования).

Тогда с учетом принятых выше обозначениях имеем

$$\bar{P}_{стр} = \sum_{i=1}^m [-c_i(1 - A_i(v_i, T)) + r_i A_i(v_i, T)], \quad (12)$$

$$\bar{P}_{нстр} = \sum_{i=1}^m [c_i(1 - A_i(v_i, T)) - r_i A_i(v_i, T)], \quad (13)$$

где V_1, V_2, \dots, V_m , получены в результате решения задачи оптимизации (6)-(8) или (7),(8),(11). При записи выражения (12) предполагалось, что при наступлении отказа i -й подсистемы страховщик выплачивает страхователю страховое возмещение в размере r_i .

Сравнение выражений (12) и (13) показывает, что страхование рисков всех видов отказов будет целесообразно, если выполнено условие $\bar{P}_{стр} > \bar{P}_{нстр}$, или

$$\sum_{i=1}^m [-c_i(1 - A_i(v_i, T)) + r_i A_i(v_i, T)] > 0.$$

Выводы. В своих взаимоотношениях с поставщиками и судовладельцами КО может повысить эффективность риск-менеджмента в своей деятельности за счет использования:

а) научно обоснованных методических положений по снижению своих рисков;

б) информационных технологий, которые позволят подготавливать достоверные исходные данные для указанных методических положений, а также выполнять компьютерные расчеты по поиску оптимальных решений.

Полученные выше результаты показывают также перспективность дальнейших исследований в направлении охвата более широкого круга вопросов, касающихся снижения рисков в деятельности КО. Например, можно их обобщить на случай нескольких судов одной судоходной компании, находящихся в эксплуатации.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Любченко В.О. Основные факторы риска в деятельности классификационного общества и методы его снижения / В.О. Любченко // Зб. наук. праць: Методи та засоби управління розвитком транспортних систем. – Вип. 15. – Одеса: ОНМУ, 2009. – С. 152-168.
2. Исследование МАКО «Применимость «Временного руководства по применению формализованной оценки безопасности в процессе нормотворчества ИМО» к газоотводным системам, системам продувки и дегазации грузовых танков», представленное в ИМО в 1998г. как документ MSC 69/14/2.
3. Ефимов С.Л. Морское страхование / С.Л. Ефимов. – М.: РосКонсульт, 2001. – 448 с.
4. Королев В.Ю. Математические основы теории риска / В.Ю. Королев, В.Е. Бенинг, С.Я. Шоргин. – М.: Физматгиз, 2007. – 544 с.
5. Медведева С.А. Модели и методы управления финансовыми рисками в деятельности морского порта / С.А. Медведева // Дис. канд. экон. наук. – Одесса: ОНМУ, 2010. – 180 с.
6. Postan M.Ya. Method of Evaluation of Insurance Expediency of Stevedoring Company's Responsibility for Cargo Safety / M.Ya. Postan, A.O. Balabanov // In: Methods and Algorithms in Navigation and Safety of Sea Transportation. A. Weintrit and T. Neumann (eds.). – Boca Raton – London – N.Y.: CRC Press, 2011. – P. 33-36.
7. Semenov I.N. Risk-Managing in Marine Industry / I.N. Semenov / Risk-Managing in Maritime and Offshore Safety. – Vol. 1. – Szczecin: PS, 2003.
8. Топалов В.П. Оценка риска при эксплуатации судов / В.П. Топалов, В.Г. Торский. – Одесса: Астропринт, 2010. – 128 с.
9. Любченко В.О. Об одном методическом подходе к оценке рисков поставщиков, признанных классификационным обществом / В.О. Любченко // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. – № 5/3(13). – С. 19-21.
10. Барлоу Р. Математическая теория надежности: Пер. с англ. / Под ред. Б.В. Гнеденко / Р. Барлоу, Ф. Прошан. – М.: Советское радио, 1969. – 488 с.
11. Пашин В.М. Оптимизация судов / В.М. Пашин. – Л.: Судостроение, 1983. – 296 с.
12. Нарусбаев А.А. Введение в теорию обоснования проектных решений / А.А. Нарусбаев. – Л.: Судостроение, 1976. – 223 с.
13. Кокс Д. Теория восстановления: Пер. с англ. / Под ред. Ю.К. Беляева / В. Смит, Д. Кокс. – М.: Советское радио, 1967. – 299 с.

14. Ермольев Ю.М. *Математические методы исследования операций* / Ю.М. Ермольев, И.И. Ляшко, В.С. Михалевич, В.И. Тюття. – К.: Вища школа, 1979. – 312 с.
15. Любченко В.О. *Метод оценки целесообразности страхования рисков при выборе поставщиков услуг, признанных классификационным обществом* / В.О. Любченко // Сборник докладов XII Международной научно-практической конференции «Проблемы подготовки профессиональных кадров по логистике в условиях глобальной конкурентной среды». – К., 2014. – С. 146-152.

Стаття надійшла до редакції 20.03.2018 р.