

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ПЛАТЕЖЕЙ ПО СТРАХОВАНИЮ ОТКАЗОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ

Высоцкий С.П., Голуб И.Е.
АДИ ДВНЗ "ДонНТУ", г. Горловка

Повышение сложности применяемых в технике устройств и увеличение количества элементов, используемых в этих устройствах, вызывает необходимость повышения надежности отдельных элементов. Наряду с этим значительно увеличивается величина затрат на устранение отказов. При высоких уровнях затрат на восстановление производства устранение отказов может привести компанию к банкротству.

В современных условиях изменилась структура собственности. При общегосударственной собственности, которая существовала в нашей стране, затраты на устранение отказов возмещаются за государственный счет. Государственные резервы всегда превышали резервы предприятий. Однако при больших аварийных ситуациях даже государственных резервов бывает недостаточно для возмещения расходов, вызванных отказом оборудования. Это, собственно, может отражаться на экономике целых стран. Это имело место, например, при аварии на Чернобыльской АЭС.

В случае приватизированных компаний, последние должны изыскивать значительные резервы для возмещения затрат, вызванных отказами. В этом случае государственный сектор "вмешивается" только если это затрагивает интересы или безопасность большой массы людей.

Одним из решений проблемы является страхование отказов промышленных систем. При этом этот вид страхования могут себе позволить только крупные национальные или транснациональные компании. Этот вид страхования уже широко применяется на флоте. Страхование позволяет решить проблему полного или частичного возмещения затрат, вызванных отказами работы оборудования и возникшими аварийными ситуациями.

Рассмотрим условие выхода из рискованной ситуации в соответствии с функцией полезности $u(x) = a \cdot \ln x + b$, где x - величина дохода (выигрыша, капитала), $a > 0$, которая в достаточной степени выражает разумное отношение к увеличению детерминированного дохода.

Предположим, что имеется риск со случайной величиной ущерба \bar{X} и вероятностью появления P . Величина первоначального капитала - K_0 , а взнос по страхованию составляет C .

Возможны две альтернативы:

1. заключение страхового договора со взносом C ;
2. отсутствие страхового договора и возможность получения ущерба \bar{X} .

Потери капитала при этом представлены в табл.1.

Таблица 1

Возможные потери капитала в случаях заключения и отсутствия заключения договора по страхованию

Вероятность исхода	Альтернативы	
	1	2
	Страховой договор заключен	Страховой договор не заключен
P (ущерб есть)	$K_0 - C$	$K_0 - \bar{X}$
$1-P$ (ущерба нет)	$K_0 - C$	K_0

Так как функция полезности может быть определена с точностью до линейного преобразования, то построим ее так, чтобы она учитывала все исходы.

Для первой альтернативы (страховой договор заключен) функция полезности:

$$f_1 = P * u(K_0 - C) + (1 - P) * u(K_0 - C) = u(K_0 - C),$$

с учетом рассматриваемого вида функции $f_1 = a * \ln(K_0 - C) + b$.

Для второй альтернативы (страховой договор не заключен) функция полезности

$f_2 = P * u(K_0 - \bar{X}) + (1 - P) * u(K_0)$ приобретает вид:

$$\begin{aligned} f_2 &= P * (a * \ln(K_0 - \bar{X}) + b) + (1 - P) * (a * \ln(K_0) + b) = \\ &= P * a * \ln(K_0 - \bar{X}) + a * \ln(K_0) + b - P * a * \ln(K_0) \end{aligned}$$

Заключать страховой договор необходимо, если $f_1 \geq f_2$ или $f_1 - f_2 \geq 0$.

Так как, $f_1 - f_2 = a * (P * (\ln K_0 - \ln(K_0 - \bar{X})) - (\ln K_0 - \ln(K_0 - C)))$, то условие заключения страхового договора:

$$P * \ln \frac{K_0}{K_0 - \bar{X}} - \ln \frac{K_0}{K_0 - C} \geq 0,$$

что в результате преобразований приводит к соотношению:

$$P \geq \frac{\ln(1 - \frac{C}{K_0})}{\ln(1 - \frac{\bar{X}}{K_0})}.$$

В качестве примера рассмотрим варианты страхования для энергетического блока мощностью 1000 мВт. Согласно современным оценкам капитальные затраты на 1кВт установленной мощности на АЭС составляют в среднем \$3000. Для ТЭС, оборудованной системами защиты окружающей среды (в том числе очистки от диоксида серы, оксидов азота и углекислоты) имеют место также близкие значения капитальных вложений.

Определим значения страховых сумм при различных вероятностях отказов оборудования и долях ущерба по отношению к общей стоимости оборудования. Расчетные значения сведены в табл.2.

Как видно из представленных данных, увеличение страховой суммы происходит практически пропорционально росту вероятности отказа оборудования. При этом при снижении уровня затрат на устранение отказов в 7 раз при широком диапазоне отказов от 0.001 до 0.1 величина страховой суммы снижается в 11 раз

Таблица 2

Уровни страховых сумм на отказы в работе оборудования при различных вероятностях отказов и долях затрат на восстановление оборудования (применительно к блоку 1000 мВт для АЭС)

При X/K ₀ =0.7	P	0,001	0,002	0,005	0,1
	C	3,61*10 ⁶	7,22*10 ⁶	18,01*10 ⁶	340,30*10 ⁶
При X/K ₀ =0,5	P	0,001	0,002	0,005	0,1
	C	2,08*10 ⁶	4,16*10 ⁶	10,38*10 ⁶	200,90*10 ⁶
При X/K ₀ =0,3	P	0,001	0,002	0,005	0,1
	C	1,07*10 ⁶	2,14*10 ⁶	5,35*10 ⁶	105,12*10 ⁶
При X/K ₀ =0,1	P	0,001	0,002	0,005	0,1
	C	0,32*10 ⁶	0,63*10 ⁶	1,58*10 ⁶	31,44*10 ⁶

Изменение объемов страхования представлены на рис.1.

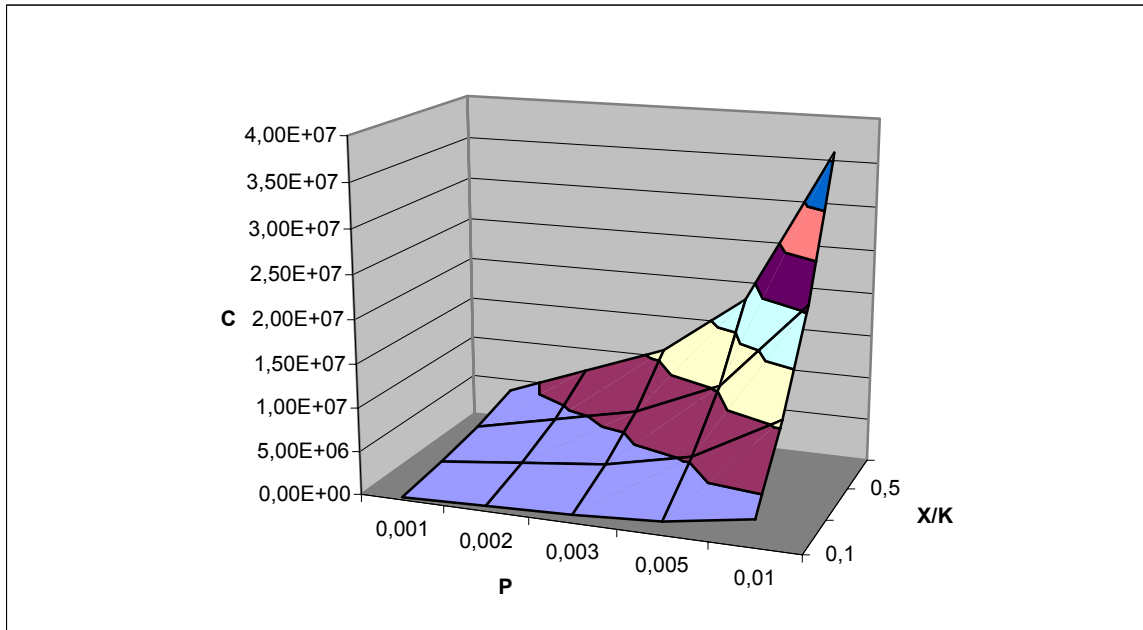


Рис.1. Изменение объемов страховых сумм на устранение отказов в работе оборудования

Рассмотренные данные показывают, что с учетом страхования оборудования стоимость "дешевой" электрической энергии от энергоблоков АЭС должна быть существенно увеличена.

Рассмотренная оценка позволяет по новому оценить стоимость электрической энергии с учетом дополнительных страховых взносов. Исходя из выработки энергетическим блоком 1000 мВт $8.6 \cdot 10^9$ кВтч/год при стоимости электрической энергии для промышленных потребителей 0.64 грн/кВт, годовая выработка составит 730 млн. долларов. Так при достаточно высокой надежности оборудования при затратах на устранение отказов 10% и 50% стоимости оборудования стоимость электрической энергии атомных энергоблоков должна быть повышена соответственно в 1.4 и в 3.8 раза.