

Секция: Технические науки

Малаксиано Николай Александрович

кандидат физико-математических наук,

доцент кафедры управления логистическими системами и проектами

Одесский национальный морской университет

г. Одесса, Украина

ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКОВ ЗАМЕНЫ СТАРОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОБОРУДОВАНИЕ НОВОГО ТИПА НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ПОДХОДА

Зачастую целесообразность замены оборудования связана как с накопленным физическим износом, так и с моральным износом оборудования, а также уровнем устойчивости показателей эффективности дальнейшей эксплуатации оборудования. В [1; 2] исследованы вопросы устойчивого функционирования транспортных систем в условиях неравномерного грузопотока и обоснование выбора оптимальной структуры парка оборудования. Вопросы определения оптимальных сроков ремонтов сложного портового оборудования изучены в [3; 4]. В [5] исследованы вопросы определения оптимальных сроков службы оборудования с учетом возможности его реставрации. В работах [6–9] исследовались оптимальные сроки замены оборудования в условиях неопределенности. В работе [10] использованы многокритериальные оценки для уменьшения рисков при планировании ремонтов и замен сложного портового оборудования, функционирующего в условиях неполностью определенного грузопотока.

Пусть A_o – стоимость покупки и монтажа оборудования старого типа, дол.; A_n – стоимость покупки и монтажа оборудования нового типа, дол.; $c_o(t)$ – средняя интенсивность операционных расходов оборудования старого типа после его эксплуатации в течение t лет, дол./год; $c_n(t)$ –

средняя интенсивность операционных расходов оборудования нового типа после его эксплуатации в течение t лет, дол./год; $S_o(t)$ – стоимость демонтажа и продажи оборудования старого типа после его эксплуатации в течение t лет, дол.; $S_n(t)$ – стоимость демонтажа и продажи оборудования нового типа после его эксплуатации в течение t лет, дол.; T_o – время, в течение которого планируется использовать оборудование старого типа, лет; T_n – время, в течение которого планируется использовать оборудование нового типа, лет.

Рассмотрим временной интервал, состоящий из двух полных циклов использования оборудования. В течение первого цикла длительностью T_o лет используется оборудование старого типа. Затем на протяжении второго цикла длительностью T_n лет используется оборудование нового типа. Значение EAC для этих двух циклов равно [8]

$$EAC_{on}(T_o, T_n) = \left[A_o + S_o(T_o) \cdot e^{-rT_o} + \int_0^{T_o} c_o(\tau) \cdot e^{-r\tau} d\tau + \left(A_n + S_n(T_n) \cdot e^{-rT_n} + \int_0^{T_n} c_n(\tau) \cdot e^{-r\tau} d\tau \right) \cdot e^{-rT_o} \right] \cdot \frac{e^r - 1}{1 - e^{-r(T_o+T_n)}}. \quad (1)$$

В связи с воздействием различных случайных факторов по мере старения оборудования возможны существенные колебания значений операционных расходов на оборудование. Поэтому имеет смысл описывать динамику изменения интенсивностей операционных расходов на оборудование с помощью случайных процессов $c_o(t, \omega)$ и $c_n(t, \omega)$. Можно показать (см. [8]), что показатель среднеквадратического отклонения равен

$$\sigma^2(EAC_{on}(T_o, T_n, \omega)) = \left(\frac{e^r - 1}{1 - e^{-r(T_o+T_n)}} \right)^2 \cdot \left[\int_0^{T_o} \int_0^{T_o} K_o(t_1, t_2) \cdot e^{-r(t_1+t_2)} dt_1 dt_2 + e^{-2 \cdot r \cdot T_o} \cdot \int_0^{T_n} \int_0^{T_n} K_n(t_1, t_2) \cdot e^{-r(t_1+t_2)} dt_1 dt_2 \right], \quad (2)$$

где $K_o(t_1, t_2)$ и $K_n(t_1, t_2)$ – ковариационные функции случайных процессов $c_o(t, \omega)$ и $c_n(t, \omega)$.

На практике, помимо оптимизации показателей эффективности функционирования оборудования, большое значение имеет устойчивость этих показателей. Основываясь на предложенных выше методах оценки средних ожидаемых показателей и уровня колебаний EAC , рассмотрим двухкритериальную задачу минимизации (см. [8])

$$\min_{T_o, T_n} (E(EAC_{on}(T_o, T_n, \omega)), \sigma(EAC_{on}(T_o, T_n, \omega))). \quad (3)$$

В (3) осуществляется поиск сроков замен оборудования T_o и T_n , при которых достигаются сбалансированно минимальные значения $E(EAC_{on}^\infty(T_o, T_n, \omega))$ и $\sigma(EAC_{on}^\infty(T_o, T_n, \omega))$.

На рис. 1 представлено множество точек, координаты каждой из которых соответственно равны $E(EAC_{on}(T_o, T_n, \omega))$ и $\sigma(EAC_{on}(T_o, T_n, \omega))$ и определяются выбором значений T_o и T_n .

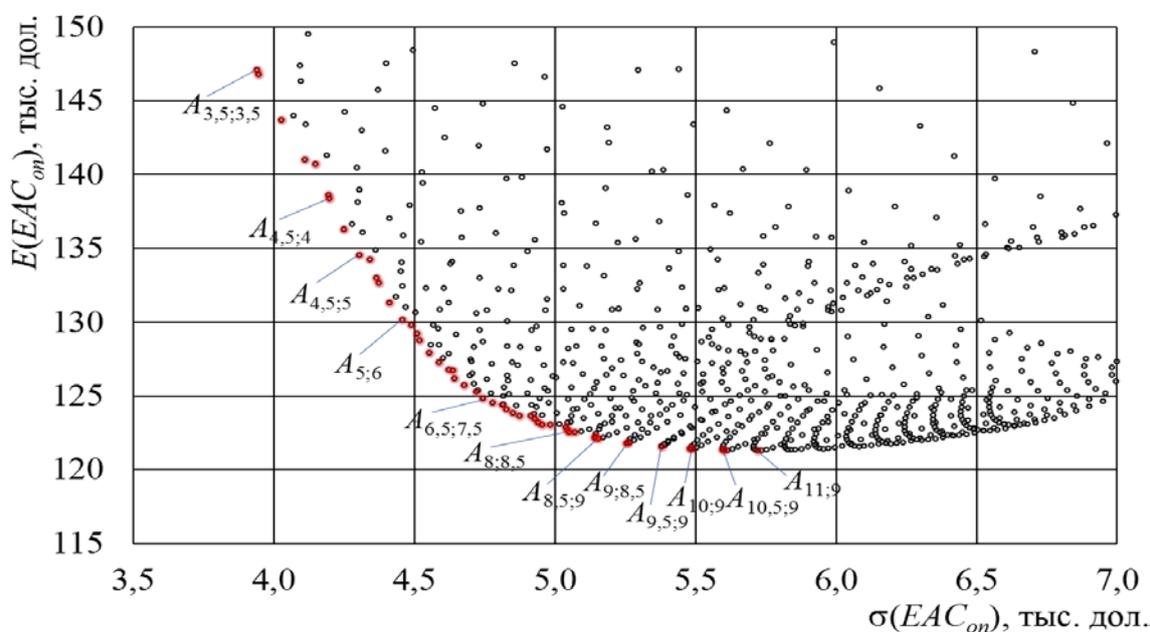


Рис. 1. Соотношение значений $E(EAC_{on}(T_o, T_n, \omega))$ и $\sigma(EAC_{on}(T_o, T_n, \omega))$ при различных значениях T_o и T_n

Отдельно выделены неулучшаемые решения, лежащие на паретовой границе задачи многокритериальной оптимизации (3). Исследования показали, что за счет выбора времени обновления оборудования (рис. 1) можно существенно увеличить степень устойчивости показателя эффективности эксплуатации оборудования, незначительно пожертвовав его средним ожидаемым значением. Таким образом обоснованы оптимальные с точки зрения минимальности и устойчивости значений *ЕАС* сроки замены оборудования, подверженного физическому и моральному износу, на более эффективное оборудование.

Литература

1. Lapkina I. O. Optimization of the structure of sea port equipment fleet under unbalanced load / I. O. Lapkina, M. O. Malaksiano, M. O. Malaksiano // Actual Problems of Economics. 2016. Vol. 9. Issue 183. P. 364–371.
2. Lapkina I. O. Modelling and optimization of perishable cargo delivery system through Odesa port / I. O. Lapkina, M. O. Malaksiano // Actual Problems of Economics. 2016. Vol. 3, Issue 177. P. 353–365.
3. Малаксиано Н. А. Об оптимальных сроках ремонтов сложного портового оборудования / Н. А. Малаксиано // Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Економіка. 2012. № 6. Вип. 3. С. 186–195.
4. Malaksiano N. On the optimal repairs and retirement terms planning for complex port equipment when forecast level of employment is uncertain / N. Malaksiano // Economic cybernetics. 2012. № 4–6 (76–78). P. 49–56.
5. Malaksiano N. A. On the stability of economic indicators of complex port equipment usage / N. A. Malaksiano // Actual Problems of Economics. 2012. Vol. 12. Issue 138. P. 226–233.
6. Lapkina I. Estimation of fluctuations in the performance indicators of equipment that operates under conditions of unstable loading / I. Lapkina,

- M. Malaksiano // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1. Issue 3(91). P. 22–29.
7. Nguyen T. P. K Optimal maintenance and replacement decisions under technological change with consideration of spare parts inventories / T. P. K Nguyen, T. G. Yeung, B. Castanier // *International Journal of Production Economics*. 2013. Vol. 143. Issue 2. P. 472–477.
 8. Lapkina I. Elaboration of the equipment replacement terms taking into account wear and tear and obsolescence / I. Lapkina, M. Malaksiano // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 3. No. 3 (93). P. 30–39.
 9. Лапкина И. А. О повышении устойчивости показателей эффективности при планировании сроков обновления сложного оборудования / И. А. Лапкина, Н. А. Малаксиано // *Вісник ОНМУ: Зб. наук. праць*. Одеса: ОНМУ, 2018. № 1. Вип. 54. С. 207–217.
 10. Малаксиано Н. А. Использование многокритериальных оценок для уменьшения рисков при планировании ремонтов и замен сложного портового оборудования, функционирующего в условиях неполностью определенного грузопотока / Н. А. Малаксиано // *Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: зб. наук. праць*. ОНМУ. 2013. № 1 (20). С. 7–27.