

УДК 629.5.06

А.В. Рудницкий, В. И. Рудницкий

**МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Обосновывается моделирование как единственный способ проведения исследований систем технической эксплуатации. Рассмотрены возможные варианты организации работ по обеспечению эксплуатационной готовности судов в зависимости от уровня надёжности судовой техники. Рассмотрены варианты организации экипажа, оценки технического состояния и обнаружения отказов, оперативного управления системой технической эксплуатации флота.

Обеспечение эксплуатационной готовности группы судов рассматривается как многовариантная задача, результат решения которой - выбор оптимального варианта в зависимости от уровня надёжности судовой техники. В качестве критерия оценки эффективности приняты затраты на содержание рассматриваемой группы судов за единицу времени эксплуатации.

Обоснована возможность аппроксимации процесса изменения технического состояния судового оборудования однородным Марковским случайным процессом. Задача выбора оптимального варианта системы технической эксплуатации рассматривается как задача управления случайным процессом, где система технической эксплуатации судов рассматривается как стохастичная линейная сеть.

*Ключевые слова:* моделирование, системы технической эксплуатации, надёжность, управление, судно, Марковский случайный процесс.

Основными направлениями совершенствования технической эксплуатации флота, от которых зависит эффективность его использования, являются:

- обеспечение нормативной эксплуатационной надёжности;
- применение средств диагностики технического состояния;
- совершенствование организации технического обслуживания и ремонта;
- автоматизация управления технической эксплуатацией.

Ввиду огромной сложности и стоимости системы технической эксплуатации (ТЭ) исключается возможность проведения многовариантных исследований с помощью натурального эксперимента (метод «проб и ошибок» с большим временем ожидания проб) в целях выбора наиболее эффективного варианта.

Остается единственный способ проведения исследований – моделирование. Известно, что моделирование неизбежно ведет к отступлению от реальности. Однако в данном случае даже приближенный к действительности результат исследования позволит принять более объективные решения по совершенствованию системы ТЭ флота при существенном снижении экономического риска.

Исходя из отмеченных основных направлений совершенствования системы ТЭ, рассмотрим возможные варианты организации работ по обеспечению эксплуатационной готовности судов в зависимости от уровня надёжности судовой техники.

Экипаж может быть организован по следующим вариантам:

- экипаж выполняет только функции управления судном (судовождение, механизмы, системы) и не закреплен за судном постоянно, а осуществляет проводку судна в определенном районе;
- экипаж выполняет функции управления судном и проводит технические обслуживания (ТО) и ремонт, при этом разделен на группы: группа управления судном, группа ТО и ремонта, вспомогательная группа – обеспечения бытовых условий;
- экипаж функционирует по принципу совмещения профессий, т.е. совмещает функции

по судовождению с функциями по выполнению ТО в ограниченном объеме, и закреплен за судном постоянно.

Оценка технического состояния и обнаружения отказов может осуществляться по вариантам:

- с разборкой (при необходимости) механизмов, время оценки технического состояния будет зависеть от квалификации специалиста;
- с помощью переносных контрольно - диагностических приборов;
- с помощью бортового информационно – диагностического комплекса.

Обеспечение эксплуатационной готовности судов требует, чтобы управление базировалось на регулярной и достоверной информации о техническом состоянии судов и ремонтной базе. Расходы на содержание средств управления будут определяться количеством персонала и степенью автоматизации их труда.

Будем рассматривать следующие варианты оперативного управления системой ТЭ флота:

- нерегулярность и обобщенность информации по каждому судну и ремонтной базе, принятие решений при отсутствии автоматизации процесса обработки и анализа информации;
- регулярность информации по каждому судну и ремонтной базе, автоматизация процесса обработки и анализа информации;
- в дополнении к предыдущему варианту – выбор решения из нескольких, рекомендованных в результате автоматизированного анализа ситуации.

Таким образом, имеем многовариантную задачу, результатом решения которой должен быть выбор оптимального варианта в зависимости от уровня надежности судовой техники.

В качестве объекта моделирования будем рассматривать группу судов определенного  $J$ -типа. Пусть известно, что судов данного типа будет  $N_J$ . Уровень надежности принимаем, исходя из реально достижимых и возможных в перспективе значений, в пределах от  $T_{\min}$  до  $T_{\max}$ . В качестве показателя уровня надежности принимаем среднее время наработки между отказами –  $T_{cp}$ . Назначим ряд значений  $T_{cp}$  в указанном интервале  $(T_0; T_1; \dots; T_n)$ . С каждым значением  $T_i (i = 0, \dots, n)$  будет связано определенное количество отказов в единицу времени  $\lambda_i$ . Зная количество судов данного типа  $N_J$ , можно определить количество требований (судобслуживаний) в единицу времени:

$$\Lambda_J = N_J \lambda_i. \quad (1)$$

Величина  $\Lambda_J$  будет основной характеристикой потока заявок от группы судов данного типа.

Для оценки процесса функционирования системы ТЭ введем следующие экономические параметры:

- $C_3$  – суммарная заработная плата персонала, занятого ТО и ремонтом всей группы судов  $J$ -типа за период времени  $t$ ;  $t$  – текущее время определенного периода эксплуатации;
- $C_M$  – стоимость материалов, сменно – запасных частей (СЗЧ), обменного фонда (ОФ) оборудования, используемых на ТО, и ремонт группы судов за период времени  $t$ .

Можно полагать, что  $C_3 = f(T_{cp})$  и  $C_M = f(T_{cp})$ . Можно принять, что количество ТО в зависимости от уровня надежности аналогично зависимости числа отказов от уровня надежности за один и тот же период времени.

Для моделирования системы ТЭ примем следующие допущения. Будем считать, что ТО в большинстве случаев проводится без специальной остановки судна. Примем, что поток заявок на ТО будет поступать с интенсивностью связанной с интенсивностью отказов соотношением:

$$\Lambda_{ТО} \approx \Lambda_J = f(T_{cp}). \quad (2)$$

Примем следующие интенсивности отказов, устраняемых на специальных остановках (вывод судна из эксплуатации) и в ходу судна:

$$\begin{aligned} \lambda_x &= \alpha \Lambda_J, \\ \lambda_0 &= \beta \Lambda_J, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – коэффициенты, определяющие долю отказов, устраняемых в ходу и при выводе судна из эксплуатации.

Действия, направленные на обеспечение эксплуатационной готовности судна при любой форме организации системы ТЭ, оцениваются, главным образом, экономическими и временными параметрами. Ставя задачу оценить эффективность системы ТЭ, логично принять за критерий оценки эффективности затраты на содержание группы рассматриваемых судов  $J$  – типа за единицу времени эксплуатации. Такой критерий оценки эффективности численно определяет изменение энтропии системы ТЭ [1]. Если по каждому варианту системы сравнивать между собой затраты, отнесенные к единице времени, то в том случае, когда будем иметь их наибольшую величину, можно делать вывод о том, что энтропия системы увеличивается и для сохранения её постоянного уровня (т.е. обеспечения в эксплуатационной готовности определенного количества судов) требуется подвести к системе больше энергии в виде затрат на содержание. Когда затраты для обеспечения эксплуатационной готовности того же количества судов меньше, это показывает, что для поддержания постоянного уровня энтропии требуется потратить меньше энергии. Следовательно, если главная цель обеспечивается меньшими затратами средств, то такой вариант системы ТЭ более эффективен.

Известно, что процесс изменения технического состояния судов является стохастическим, подчиняется законам распределения случайных величин. Нами была обоснована возможность аппроксимации процесса изменения технического состояния судового оборудования однородным Марковским случайным процессом [1; 2]. В связи с этим задача выбора оптимального варианта системы ТЭ должна рассматриваться как задача управления случайным процессом.

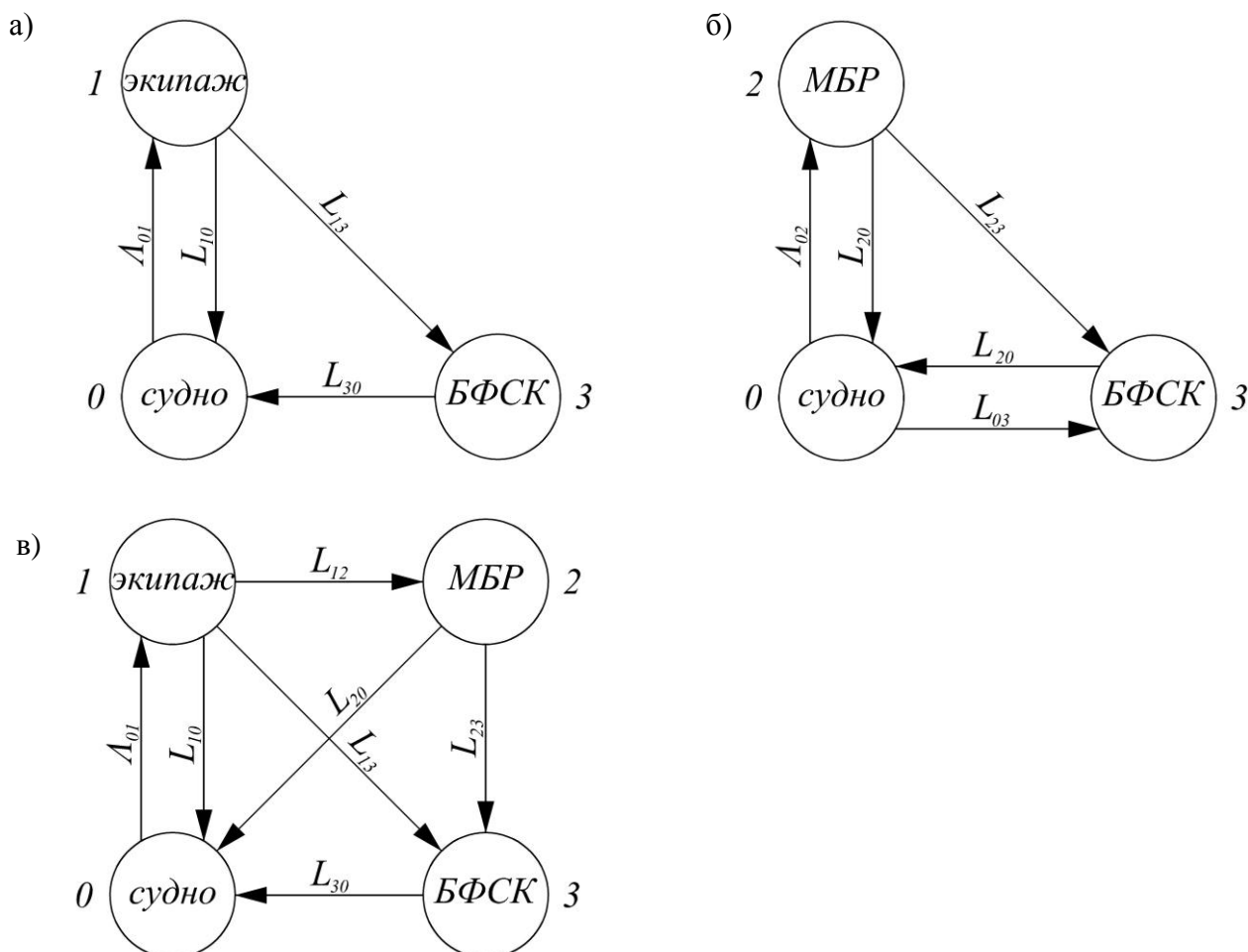
Систему ТЭ судов будем рассматривать как стохастичную линейную сеть, в которой потоки отказов и заявок на ТО от судов (основных средств системы) поступают по закону Пуассона, а время устранения отказов (ремонтов) и выполнения работ по ТО ремонтной базой (средствами обеспечения системы), а также время принятия решения при управлениями действиями основных средств и средств обеспечения, распределены по показательному закону [3].

На рис. 1 представлены графы структур сетей для случаев, когда ТО и ремонт выполняются: экипажем и БФСК (рис. 1, а), МРБ и БФСК (рис. 1, б), экипажем, МРБ и БФСК (рис. 1, в). Каждое звено структуры сети будем рассматривать как систему массового обслуживания (СМО), в которую поступает поток отказов и заявок на ТО (требований) от судов (источника требований). Источник требований и совокупность СМО образует стохастическую линейную сеть.

Как видно из рис. 1, поток требований из  $i$ -й СМО в  $j$ -ю измеряется интенсивностью отказов или заявок на ТО. Поток требований в отдельной СМО сети является суперпозицией потоков требований, поступающих из других СМО сети.

Рассмотрим в качестве примера вариант системы ТЭ, представленной графом на рис. 1, а. Система “0” – источник требований (суда). Система “1” – многоканальная СМО, где в качестве каналов обслуживания будем рассматривать членов экипажей судов, обеспечивающих безотказность судового оборудования. Система “3” – многоканальная СМО, где каналами обслуживания будут функциональные подразделения БФСК. Потоки отказов и заявок на ТО измеряются соответствующими интенсивностями  $\lambda_1 = \Lambda_{01}$ ;  $\lambda_3 = L_{13}$ ;  $\lambda_0 = L_{10} + L_{30}$ , величины которых могут быть определены из анализа статистических данных по надежности судового оборудования, навигационному ремонту судов, близких по типу и назначению.

Рассмотрим, каким образом определяется время пребывания требования в сети, т.е. время восстановления требуемого технического состояния за счет ТО или ремонта (устранение отказа).



**Рис. 1. Графы функционирования системы технической эксплуатации судового оборудования:**

МРБ – мобильная ремонтная бригада; БФСК – база флота судоходной компании (судоремонтной компании)

Среднее время пребывания в  $i$ -й СМО может быть представлено в общем виде:

$$U_i = U_i^1 + U_i^2 + U_i^3 + U_i^4, \quad (4)$$

где  $U_i^1$  – время ожидания обслуживания в  $i$ -й СМО;  $U_i^2$  – время поиска неисправности в  $i$ -й СМО;  $U_i^3 = T_{\text{р}}$  – время принятия решения по устранению неисправности (отказа);  $U_i^4$  – время обслуживания в  $i$ -й СМО.

Применение переносных или стационарных диагностических приборов, бортовых диагностических комплексов, АСУ – технической эксплуатацией с разной степенью автоматизации позволит менять величины  $U_i^1, U_i^2, U_i^3 = T_{\text{пр}}$ .

При определении экономических затрат на ТО и ремонт важна величина времени простоя, вызванная с выводом судна из эксплуатации в связи с устранением отказов.

Среднее время для каждой СМО рассматриваемых сетей (рис. 1) будет соответственно  $U_1, U_2, U_3$ . Время же пребывания в сети может быть определено по выражению [3]

$$\bar{U} = \sum_{i=0}^M \frac{\lambda_i}{\lambda_0} U_i. \quad (5)$$

Определив время пребывания требования в каждой СМО или в сети, можно составить аналитические выражения для функции экономических затрат. В качестве единицы измерения времени возьмем одни навигационные сутки. Составим аналитические функции экономических затрат для вариантов системы ТЭ. За базовую основу возьмем варианты организации работы экипажа. Рассмотрим вариант, когда экипаж состоит из функциональных групп. Этому варианту соответствует граф сети на рис. 1, а. Затраты на обеспечение эксплуатационной готовности группы судов составят

$$C^{\mathcal{E}} = \sum C_{TO} + \sum C_P, \quad (6)$$

где  $\sum C_{TO}$  – суммарная стоимость всех видов ТО за навигацию, определяемая по  $C_3$  и  $C_M$ . (Эта величина практически не меняется для заданного уровня надежности);  $\sum C_P$  – суммарная стоимость всех видов внеплановых ремонтов за навигацию.

В свою очередь, исходя из рассмотрения процесса функционирования системы ТЭ,

$$\sum C_P = C_P^x + C_P^0, \quad (7)$$

где стоимость внеплановых ремонтов:  $C_P^x$  – без вывода судов из эксплуатации;  $C_P^0$  – с их выводом из эксплуатации.

Стоимость внеплановых ремонтов без вывода судов из эксплуатации определяется по выражению

$$C_P^x = \alpha \lambda_1 C_0 t, \quad (8)$$

а стоимость внеплановых ремонтов с их выводом из эксплуатации определится как

$$C_P^0 = [\beta \lambda_1 U_1 (\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK}) + \lambda_3 U_3 (\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK} + R_3 - k_3 M_K)] t, \quad (9)$$

В выражениях (8) и (9) приняты допущения  $\alpha + \beta = 1$ ,  $\lambda_1 = \Lambda_J / 2$

и следующие обозначения величин:

$t$  – текущее время навигационного периода (сутки);  $C_0$  – зарплата экипажа, стоимость материалов и СЗЧ по одному судну (руб./судно);  $R_3$  – навигационные расходы БФСК на одно судно (руб./судно, су.);  $\mathcal{E}_\Phi$  – эксплуатационные расходы по одному судну на стоянке (руб./судно, с.);  $M_{TCK}$  – зарплата работников технической службы судоходной компании (ТСК) (руб./с.);  $M_K$  – зарплата экипажа судна в сутки (руб./судно, сут.);  $k_1; k_2$  – коэффициенты, учитывающие долю затрат управленческого аппарата ТСК на группу рассматриваемых судов;  $k_3$  – коэффициент, учитывающий неполный состав экипажа судна при ремонте в БФСК;  $\lambda_1$  – интенсивность потока требований на СМО-1 (экипаж) (судно/сут.);  $\lambda_3$  – интенсивность потока требований на СМО-3 (БФСК) (судно/сут.);  $U_1$  – среднее время пребывания требования в СМО-1 (среднее время проведения ремонта экипажем) (сут.);  $U_3$  – среднее время пребывания требования в СМО-3 (среднее время проведения ремонта БФСК) (сут.).

Стоимость ТО для рассматриваемого варианта будет складываться из затрат на ТО, проводимых экипажем без вывода судна из эксплуатации и при выводе из эксплуатации. По правилам технической эксплуатации ТО-2 выполняется без вывода судна из эксплуатации, а ТО-3 – с выводом. С учетом принятых допущений (2) и (3) стоимость проведения ТО определится как

$$C_{TO} = [k_4 \Lambda_{TO} U_{TO-2} (\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK}) + k_5 \Lambda_{TO} U_{TO-3} (\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK})] t, \quad (10)$$

где дополнительно к принятым ранее обозначениям величин среднее время пребывания требования в СМО-1 (экипаж) для соответствующих ТО обозначено:

$U_{TO-2}$  – среднее время проведения ТО-2 (сут.);  $U_{TO-3}$  – среднее время проведения ТО-3 (сут.);  $k_4; k_5$  – коэффициенты, учитывающие долю ТО-2 и ТО-3 за навигационный период;  $\Lambda_{TO}$  – поток заявок на ТО (судно/сут.).

ТО-2 выполняется без вывода судна из эксплуатации во время стоянок под погрузо-разгрузочными операциями или при ожидании этих операций. Поэтому в выражении стоимости ТО (10) берем суточные затраты на содержание судна во время стоянки.

При составлении экономической функции необходимо стремиться к тому, чтобы их компонентами были только те затраты, которые наиболее характерны и позволяют проводить объективное сравнение разных вариантов системы ТЭ. По этим соображениям наиболее характерными будут затраты при выводе судна из эксплуатации и затраты на ТО, проводимые при стоянках судна под погрузо-разгрузочные операции. Поэтому в дальнейшем при составлении экономических функций для каждого описанного ранее варианта системы ТЭ не будем учитывать затраты на устранение отказов в ходу судна (без вывода судна из эксплуатации), т.е. величину выражения (8), так как величина затрат на устранение отказов в этом случае оценивается зарплатой экипажа, стоимостью материалов и СЗЧ. Эта величина практически не зависит от форм организации системы ТЭ. Компонента  $C_p^x$  является только функцией интенсивности отказов и численности экипажа.

Для варианта системы ТЭ на рис. 1, а приведем экономическую функцию

$$C_1^3 = [\beta\lambda_1 U_1(\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK}) + \sum C_{TO} + \lambda_3 U_3(\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK} + R_3 - k_3 M_K)]t, \quad (11)$$

При использовании переносных диагностических приборов для оценки технического состояния выражение (11) примет вид:

$$C_2^3 = [\beta\lambda_1 U_1(\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK} + k_6 K_\delta) + \sum C_{TO} + \lambda_3 U_3(\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK} + R_3 + k_6 K_\delta - k_3 M_K)]t, \quad (12)$$

где  $K_\delta$  – стоимость диагностических приборов приведенная к одному судну в сутки (руб./судно, с.);  $k_6$  – коэффициент амортизационных отчислений.

Когда управление системой ТЭ осуществляется с помощью средств автоматизации, экономическая функция (11) будет иметь вид

$$C_3^3 = [\beta\lambda_1 U_1(\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK} + C_{ACV-1}) + \sum C_{TO} + \lambda_3 U_3(\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK} + R_3 + C_{ACV-1} - k_3 M_K)]t, \quad (13)$$

где  $C_{ACV-1}$  затраты на исследование информационных задач автоматизированной системы управления (АСУ-1).

Подобные экономические функции могут быть построены для всех рассмотренных выше комбинаций компонентов системы ТЭ, когда экипаж состоит из функциональных групп (рис. 1, а).

Рассмотрим варианты системы ТЭ, когда экипажи не закреплены постоянно за судами, и осуществляют проводку судов в определенных районах (рис. 1, б). В этом случае все работы по ТО проводит МБР. Некоторые экономические функции (по аналогии рассмотренных выше), будут для граф сети иметь вид

$$C_{10}^{MBP} = [\beta\lambda_2 U_2(\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK} + C_{MBP} - k_3 M_K) + \beta\lambda_2 U_2' \mathcal{E}_\Phi + k_4 \Lambda_{TO} U_{TO-2} C_{MBP} + k_5 \Lambda_{TO} U_{TO-3}(\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK} + C_{MBP}) + \lambda_3 U_3(\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK} + R_3 - k_3 M_K)]t, \quad (14)$$

$$C_{11}^{MBP} = [\beta\lambda_2 U_2(\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK} + C_{MBP} - k_6 K_\delta - k_3 M_K) + \beta\lambda_2 U_2' \mathcal{E}_\Phi + k_4 \Lambda_{TO} U_{TO-2} C_{MBP} + k_5 \Lambda_{TO} U_{TO-3}(\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK} + C_{MBP}) + \lambda_3 U_3(\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{TCK} + R_3 + k_6 K_\delta - k_3 M_K)]t, \quad (15)$$

где  $C_{МБР}$  – расходы на содержание МРБ в сутки (руб./сут.);  $\lambda_2$  – интенсивность потока требований на СМО-2 (МРБ) (судна/сут.);  $U_2$  – среднее время пребывания требования в СМО-2 (среднее время проведения ремонта МРБ) (сут.),  $U_2'$  – среднее время ожидания обслуживания требования в СМО-2 (среднее время ожидания ремонта МРБ) (сут.).

Некоторые экономические функции вариантов системы ТЭ, когда экипаж сформирован по принципу совмещения профессий, а эксплуатационная готовность судов обеспечивается экипажем, МРБ и БФСК составлены по графу сети рис. 1, в.

$$C_{10}^{МБР} = [\beta' \lambda_1 U_1 (\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{ТСК}) + \beta'' \lambda_2 U_2 \mathcal{E}_\Phi (\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{ТСК} + C_{МБР} - k_3 M_K) + \beta'' \lambda_2 U_2' \mathcal{E}_\Phi + k_4 \frac{\Lambda_{ТО}}{2} U_{ТО-2} C_{МБР} + k_5 \frac{\Lambda_{ТО}}{2} U_{ТО-3} (\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{ТСК} + C_{МБР}) + \lambda_3 U_3 (\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{ТСК} + R_3 - k_3 M_K)] t, \quad (16)$$

$$C_{23}^{\mathcal{E}+МБР} = [\beta' \lambda_1 U_1 (\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{ТСК} + C_{ACV-1} + k_6 K_\delta) + \beta'' \lambda_2 U_2 (\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{ТСК} + C_{ACV-1} + C_{МБР} + k_6 K_\delta - k_3 M_K) + \beta'' \lambda_2 U_2' \mathcal{E}_\Phi + k_4 \frac{\Lambda_{ТО}}{2} U_{ТО-2} C_{МБР} + k_5 \frac{\Lambda_{ТО}}{2} U_{ТО-3} (\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{ТСК} + C_{МБР}) + \lambda_3 U_3 (\mathcal{E}_\Phi + k_1 k_2 M_{ТСК} + C_{ACV-1} + R_3 + k_6 K_\delta - k_3 M_K)] t, \quad (17)$$

где  $\beta', \beta''$  – коэффициенты, определяющие долю отказов, устраняемых соответственно экипажем и МРБ при выводе судна из эксплуатации. При этом нужно учитывать, что  $\beta = \beta' + \beta''$ .

В представленных экономических функциях по каждому варианту системы ТЭ фигурируют только затраты на ТО-2 и ТО-3. Что касается ТО-1, то для сравнимости всех вариантов системы ТЭ объем работ по ТО учитывается в равной степени в функциях вида  $C^{\mathcal{E}}$  и  $C^{МБР}$  равенством величины потока заявок на техническое обслуживание  $\Lambda_{ТО}$  при одном и том же уровне надежности судовой техники. Таким образом, учитывается весь поток заявок на ТО и затраты определяются через стоимость затрат на ТО-2 и ТО-3.

Из представленных моделей функционирования системы ТЭ очевидно, что затраты на содержание судов в эксплуатационной готовности зависят, прежде всего, от интенсивности отказов и потока заявок на ТО, т.е.

$$C = f(\lambda; \Lambda_{ТО}),$$

или же  $C = f(T_{cp})$ , так как средняя наработка между отказами  $T_{cp}$ , являясь функцией уровня эксплуатационной надежности, определяет суммарный поток заявок (требований)  $\Lambda_j$ .

В заключение отметим:

- модели процесса функционирования системы ТЭ судов построены при условии, что процессы в системе носят случайный характер и могут быть аппроксимированы Марковским случайным процессом типа гибели и размножения;
- модели системы ТЭ судов основаны на экономико-математическом моделировании процесса, при этом оценка эффективности варианта системы ТЭ ведется в зависимости от уровня надежности судового оборудования. Это позволяет с достаточной объективностью сравнить возможные варианты системы ТЭ, принимая решение с наименьшим экономическим риском.

#### Библиографический список

1. Рудницкий, А. В. Прогнозирование потребности в сменно-запасных частях и обменном фонде агрегатов судовых дизельных установок: дисс. ... канд. технич. наук. – Н. Новгород, 1998. 141 с.
2. Гнеденко, Б. В. Математические методы в теории надежности. / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев. – М.: Наука, 1965. – 524 с.

3. **Кофман, А.** Массовое обслуживание, теория и приложения / А. Кофман, Р. Крюон. – М.: Мир, 1965. – 302 с.

*Дата поступления  
в редакцию 22. 06.2012*

**A.V. Rudnitsky, V.I. Rudnitsky**

## **MODEL OF THE SYSTEMTECHNICAL SERVICE VESSELS**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

In this paper is proved the modeling as a unique way of conducting of researches of technical maintenance's systems. Possible variants of the organization of works on maintenance of operational readiness of vessels depending on level of reliability of ship equipment are observed here. Variants of the organization of crew, estimation of a technical condition and detection of failures, on-line control by system of technical maintenance of fleet are observed.

Maintenance of operational readiness of group of courts is observed as the multiple problem. Her solution's result - sampling of optimum variant depending on level of reliability of vessel equipment. The criterion of an estimation of efficiency - costs of observed group of courts for maintenance unit time.

This article include the substantiation by a homogeneous Markov random process of possibility of approximation of process of change of a technical condition of the ship equipment. The problem of sampling of optimum variant of system of technical maintenance is observed as a problem of management by a random process where the system of technical maintenance of courts is observed as stochastic linear network.

*Key words:* modeling, technical maintenance's systems, reliability, control, vessel, Markov random process.