

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СУДОВЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ  
ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО КОНТРОЛЯ

Из года в год растёт уровень автоматизации производственных процессов на судах морского флота. От 6 до 15 процентов строительной стоимости серийного транспортного судна составляют расходы на автоматизацию его энергетической установки. Фактические объемы автоматизации энергоустановок зачастую превышают регламентированные классификационными обществами. Отсутствуют общепринятая точка зрения на рациональный уровень автоматизации эргатической системы: судовая энергетическая установка (СЕУ) – механик оператор. В проектировании преобладает системотехнический подход, то есть сначала проектируются довольно сложные технические средства контроля и управления, а затем предпринимается попытка приспособить к ним механиков-операторов. Недооценка антропоцентрического подхода привела к тому, что на различных судах морского флота механики-операторы работают в самых различных психофизиологических условиях, особенно в экстремальных режимах (стрессовых, аварийных, при дефиците времени на принятие верного решения по квитированию ситуации).

Оценка качества систем централизованного контроля (СЦК) СЭУ ведется зачастую по второстепенным, то есть оперативным показателям с позиций вахтенного персонала. Такой подход нельзя считать интегральным, то есть позволяющим сравнивать между собой модернизированные СЦК СЭУ при проектировании последующих серий судов. В связи с этим возникает необходимость в разработке методики определения интегрального (обобщенного) показателя качества СЦК СЭУ.

Рассмотрим частные и интегральные показатели качества, с помощью которых можно сравнивать действующую систему "человек-машина" (оригинал) с выбранным прототипом, выступающим в качестве базового варианта при создании новой эргатической системы.

*Сравнительный уровень автоматизации операций контроля* технологических параметров энергетической установки оригинала по отношению к проекту

$$K_a = \frac{f_0}{f_{\Pi}}, \quad (1)$$

где  $f_0$ ,  $f_{II}$  – степень автоматизации операций контроля оригинала и прототипа соответственно.

В свою очередь:

$$f_0 = \frac{n_{01} + n_{02}}{n_{01} + n_{02} + n_{03}};$$
$$f_{II} = \frac{n_{II1} + n_{II2}}{n_{II1} + n_{II2} + n_{II3}},$$

где  $n_{01}$ ,  $n_{II1}$  – соответственно для оригинала и прототипа количество операций контроля автоматических;  $n_{02}$ ,  $n_{II2}$  – то же, автоматизированных;  $n_{03}$ ,  $n_{II3}$  – то же, неавтоматизированных (инструментальный контроль).

*Сравнительный уровень приведенных затрат* для системы централизованного контроля (СЦК) оригинала по отношению к прототипу

$$K_c = \frac{W_0}{W_{II}}, \quad (2)$$

где  $W_0$ ,  $W_{II}$  – соответственно величины приведенных затрат на эксплуатацию для оригинала и прототипа.

Приведенные затраты:

$$W_0 = C_0 + E_H K_0;$$
$$W_{II} = C_{II} + E_H K_{II},$$

где  $E_H$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;  $K_0$ ,  $K_{II}$  – соответственно капитальные вложения в СЦК оригинала и прототипа (стоимость проектирования, постройки, установки, отладки);  $C_0$ ,  $C_{II}$  – соответственно годовые эксплуатационные расходы для оригинала и прототипа (содержание штата механиков – операторов, ремонт средств контроля, подготовка операторов с учетом их сменяемости).

*Сравнительный уровень надежности* СЦК оригинала по отношению к прототипу:

$$K_q = \frac{Y_{q0}}{Y_{qII}}, \quad (3)$$

где  $Y_{q0}$ ,  $Y_{qII}$  – соответственно показатели надежности средств контроля оригинала и прототипа.

В качестве  $Y_q$  могут выступать различные показатели надежности: простые и комплексные. Можно использовать такой одномерный показатель, как средняя наработка приборов контроля на отказ в течении

определенного периода наблюдения. Например, – после года эксплуатации судна, когда закончится общий период приработки всех технических систем и менее вероятными станут случайные отказы. Этот показатель нетрудно получить статистическим образом. Тогда выражение (3) можно записать в виде:

$$K_q = \frac{t_{cp0}}{t_{cp\Pi}},$$

где  $t_{cp0}$ ,  $t_{cp\Pi}$  – соответственно средняя наработка на отказ средств контроля оригинала и прототипа.

*Сравнительный уровень информационных нагрузок* на оператора СЦК оригинала по отношению к прототипу:

$$K_n = \frac{I_{0\max}(t)}{I_{\Pi\max}(t)}, \quad (4)$$

где  $I_{0\max}(t)$ ,  $I_{\Pi\max}(t)$  – соответственно среднестатистическая максимальная информационная нагрузка на механика-оператора СЦК оригинала и прототипа в определенном промежутке времени.

Для определения  $I_{\max}(t)$  можно воспользоваться данными регистрации в месячных машинных журналах наибольшего количества сигналов аварийно-предупредительной сигнализации (АПС) в течении одной вахты. В качестве статистического периода наблюдений можно принять любые 12 месяцев подряд по истечении 1,0 ... 1,5 года эксплуатации судна. Затем следует определить полученные результаты за 12 месяцев.

Выбор в качестве  $I_{\max}(t)$  определенного количества сигналов АПС обоснован тем, что АПС может совмещать одновременно информацию о нескольких параметрах. В предаварийных ситуациях человек испытывает максимальную эмоциональную напряженность. Если количество простых и сложных сигналов АПС превосходит пороговое количество восприятия, то механик-оператор не способен принимать адекватные симультанные (одномоментные) решения. Подготовленные и натренированные операторы способны адекватно квитиловать (реагировать) не более 7 ... 8 сигналов, малоопытные – 3 ... 4.

Каждый из рассмотренных показателей (1) ... (4) не позволяет дать обобщенную оценку преимуществ или недостатков СЦК оригинала по сравнению с прототипом в целом. Поскольку показатели (1) ... (4) в относительных единицах, комплексную (обобщенную) оценку качества оригинала по отношению к прототипу СЦК целесообразно делать по соотношению:

$$K_{\text{ОП}} = \frac{K_a \cdot K_q}{K_c \cdot K_n}. \quad (5)$$

Если  $K_{\text{ОП}} > 1$ , то оригинал качественнее прототипа, если  $K_{\text{ОП}} < 1$ , то наоборот; если  $K_{\text{ОП}} \approx 1$ , то оригинал и прототип равноценны.

Из соотношения (5) можно видеть дифференцированную картину показателей и принимать решение по их изменению. Обобщенный показатель (5) позволяет по своей структуре учитывать и другие частные показатели:

$$K'_{\text{ОП}} = \frac{\prod_{i=1}^m K_i}{\prod_{j=1}^l K_j}, \quad (6)$$

где  $K_i$  – частный показатель, в росте которого проектировщики заинтересованы;  $m$  – общее количество;  $K_j$  – тоже, в снижении которого проектировщики заинтересованы;  $l$  – общее количество;  $\prod$  – знак произведения; В общем случае  $m \neq l$ .

Комплексная оценка качества СЦК по критерию (6) наиболее эффективна в эксплуатации судна, когда могут быть получены все необходимые частные показатели оригинала. Результаты такой оценки могут быть использованы для доработки головного образца СЦК или корректировки проекта в целом для серии судов.

Описанная методика апробирована Центральным научно - исследовательским институтом морского флота и используется для оценки эксплуатационной надежности СЦК СЭУ серийных судов, автоматизированных на знак А1, А2.

Целесообразность использования описанной методики комплексной оценки качества судовых СЦК подтвердилась, например, при сравнении между собой СЦК транспортных теплоходов Черноморского морского пароходства "Котовский" и "Светлогорск". За базу (прототип) был принят теплоход "Котовский", а в качестве оригинала оценивался теплоход "Светлогорск". В результате получены следующие значения частных и комплексных критериев качества:  $K_a = 0,82$ ;  $K_c = 0,78$ ;  $K_q = 1,36$ ;  $K_n = 0,96$ ;  $K_{\text{ОП}} = 1,49$ .

Результаты подтверждают более высокое качество СЦК энергоустановки теплохода "Светлогорск" по сравнению с теплоходом "Котовский".