



УДК 621.43  
 ГРНТИ:73.34.35  
 DOI 10.56525/YSQZ6063

## УПРАВЛЕНИЕ В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ АДАПТИВНОСТИ

**ПАТРОВ Ф.В.**

Каспийский университет  
 технологий и инжиниринга  
 имени Ш. Есенова  
 г. Актау, Казахстан  
 E-mail: fedor.patrov@yu.edu.kz

**Аннотация.** Использование концепции адаптивности является ключевым аспектом при выборе и разработке стратегий управления для судовых дизелей. Адаптивность обеспечивает не только направленность на достижение целей, но и гибкость в изменяющихся условиях. Решения оптимальны лишь для определенных условий, конкретного времени и принимающего решения лица.

Принцип неокончателных решений, предложенный Джорджем Габором [1], подчеркивает необходимость оставаться готовым к корректировке решений на каждом этапе, чтобы гарантировать будущую свободу выбора и компенсацию нежелательных последствий.

Эффективное применение концепции адаптивности достигается за счет использования моделирования в процессе принятия управленческих решений. Однако практическое использование моделирования сталкивается с рядом проблем, которые требуют внимательного анализа и решений.

**Ключевые слова:** концепция адаптивности; модель управления; методы моделирования; судовой дизель; теория автоматического управления; вектор параметров; условия эксплуатации; наблюдаемость; идентифицируемость; адаптируемость.

**Введение.** Особенности инженерной практики для систем реального времени заключаются в построении простых, но эффективных моделей управляемых процессов. Сложность модели определяется необходимостью быстрого анализа в режиме реального времени и максимально допустимой задержкой реакции объекта управления.

Однако требование повышения качества управления ужесточает допустимые отклонения процесса от заданных значений, что требует более сложных моделей управления. Современные микропроцессорные и датчиковые системы позволяют реализовать сложные модели и процессы управления.

Использование адаптивных моделей управления является ключевым в формировании моделей, сочетающих противоречивые требования эффективности и качества управления. Адаптивные модели способны точно оценивать и восстанавливать параметры объекта

управления с необходимой точностью для принятия качественных управленческих решений.

Таким образом, адаптивные модели управления играют важную роль, так как позволяют повысить эффективность управления за счёт использования сложных моделей и данных. В процессе управления можно использовать неопределённые, нечеткие и экспертные данные. Это обосновывает необходимость применения адаптивных методов управления. Например, в судовых двигателях фирмы Sulzer для диагностики и мониторинга используются системы, основанные на экспертных знаниях. Математическое моделирование процессов адаптивного управления позволяет более точно определить стратегию управления и принимать обоснованные решения.

**Материалы и методы исследования.** Точной математической формулировкой принципа адаптивности при подборе заключений способна быть последующая установка проблемы. Пусть существует определённая результативность управления, целевая функция:

$$W_{\mathcal{E}}^{\lambda} = W_{\mathcal{E}}^{\lambda}(u, \lambda, t, \tau), \quad (1)$$

где

$t$  – период;

$\lambda$  – вектор характеристик, обрисовывающих наружные и внутренние обстоятельства функционирования предмета управления;

$u = u(t, \tau)$  – градиент распоряжающихся характеристик;

$\tau = \tau(\lambda)$  – предельно возможный скоротечный промежуток упреждения мониторингом, в таком случае следует принимать значение интервала между факторами извлечения входной информации и выработкой административного заключения, не должна превышать  $\tau$ ).

Изучение и анализ верхнего индекса « $\lambda$ », который указывает на изменение целевой функции во времени и возможное изменение её вида в зависимости от условий работы двигателя. Важно выбирать конкретный управляющий вектор  $u$  из заданного множества возможных управлений  $u = u(t, \tau)$ , учитывая условия принятия решения и допустимый интервал упреждения. Основная задача заключается в выборе вектора управления  $u^*(t, \tau)$  таким образом, чтобы целевая функция в текущий момент времени  $t$  принимала максимально возможное значение:

$$u^*(t, \tau) : W_{\mathcal{E}}^{\lambda}(u, \lambda, t, \tau) \rightarrow \sup, \quad u(t) \in U(\lambda, \tau) \quad (2)$$

Применительно к судовому двигателю, критерий  $W_{\mathcal{E}}^{\lambda}$  является комплексным целевым критерием, учитывающим как показатели рентабельности работы судового двигателя в различных режимах, так и эксплуатационные и экологические показатели. Функция  $W_{\mathcal{E}}^{\lambda}$  может изменяться в зависимости от различных факторов, таких как погода, местонахождение судна, степень износа двигателя и другие особенности окружающей среды. Вектор управления  $u$  включает в себя показатели объёмов впрыскиваемого топлива, частоты вращения вала и состава топлива, включая соотношение воздуха и топлива).

Множество подходящих руководств  $U(t, \tau)$  может включать ограничения, связанные с разрешёнными скоростями работы двигателя, перегрузками во время шторма, которые могут зависеть от характера груза, его типа (промышленные изделия, нефтепродукты, живые грузы, пассажиры). Стоит отметить, что, как правило, большинство ограничений связано с механическими и физическими возможностями и ограничениями компонентов и деталей двигателя, а эти условия в физике и механике выражаются через производные первого и второго порядка. Следовательно, множество  $U(t, \tau)$  обычно задаётся дифференциальными уравнениями первого и второго порядка.

Конечно, исследование зависимости времени упреждения  $\tau$  от условий эксплуатации двигателя, таких как погода, степень износа и техническое состояние, представляет самостоятельный интерес и может быть предметом дальнейших исследований. В материале [2] обсуждается конкретный вид функции  $W^{\text{э}}$ , однако возможно, что для более точных результатов потребуется провести дополнительные исследования.

Использование принципа адаптивности предполагает, что выбор оптимальной стратегии управления происходит на основе текущей информации и прогнозов на ограниченный период времени. Это позволяет учесть возможные ошибки в прогнозах и адаптировать стратегию в соответствии с изменяющимися условиями. Оптимальная стратегия управления выбирается с учётом цели, которая может быть выражена через функцию эффективности  $W^{\text{э}}$ . Эта функция может включать в себя различные параметры и показатели, которые необходимо максимизировать или минимизировать. Множество допустимых стратегий  $U(t, \tau)$  представляет собой набор возможных стратегий, которые могут быть используемыми в данном контексте. Используя принцип адаптивности, выбирается стратегия, которая обеспечивает наибольшее значение функции эффективности на текущем наборе допустимых стратегий. Важно учитывать, что принцип адаптивности позволяет учесть ошибки прогнозирования и адаптироваться к изменяющимся условиям. Он позволяет выбирать стратегию управления, которая обеспечивает наилучшее значение функции эффективности на основе текущих данных и прогнозов.

Однако, следует отметить, что применение концепции адаптивности не всегда гарантирует нахождение оптимального решения. Она может быть ограничена доступной информацией, временем и ресурсами. Поэтому важно оценивать эффективность и результаты использования адаптивных методик и при необходимости корректировать подходы для достижения лучших результатов [3].

Рассмотрим теперь различные способы обеспечения адаптивного управления. В области теории автоматического управления выделяют четыре основных свойства объекта и системы управления [4], которые определяют возможности проведения управляющих процессов: наблюдаемость, идентифицируемость, управляемость и адаптируемость. Понятие наблюдаемости означает не только способность прямого измерения параметров и характеристик управляемого объекта, но также способность определения значений на основе измерения других характеристик и использования заранее известной информации. Идентифицируемость означает способность определения характеристик математической модели системы или процесса на основе данных, полученных из ряда выходных значений в течение определенного временного интервала.

Управляемость - это способность системы изменять свое состояние с помощью определённых управляющих воздействий.

Под адаптируемостью понимается способность изменять параметры управления в соответствии с изменениями параметров объекта управления или воздействия внешних возмущений на данный объект.

Рассмотрим перечисленные характеристики в контексте управления судовыми двигателями.

*Наблюдаемость:* все технические характеристики двигателя, параметры и характеристики топлива, поступающего воздуха и выхлопных газов измеряются с требуемой точностью. Параметры, внешние по отношению к двигателю, но которые могут повлиять на его работу (погодные характеристики: шторм, температура, сила ветра; характеристики груза: вес, положение на борту, опасности; морские условия: глубина воды, наличие течений, водорослей), должны быть измеримы или достаточно предсказуемы. Таким образом, наблюдаемость морского двигателя обеспечена.

*Идентифицируемость:* существуют математические модели, описывающие функциональные процессы компонентов двигателя в отсутствие электронных систем управления [5]. Однако наличие электронной системы управления вносит существенные

изменения в эти уравнения. Таким образом, идентифицируемость частично выполняется при наличии адаптивной системы управления в морском двигателе.

Основная цель электронной системы управления - повысить *управляемость* двигателя.

*Адаптируемость*: эта характеристика имеет первостепенное значение для темы данной статьи. Поэтому она будет проанализирована более подробно. Базовый обзор беспойсковой адаптивной системы отображён на рисунке 1.

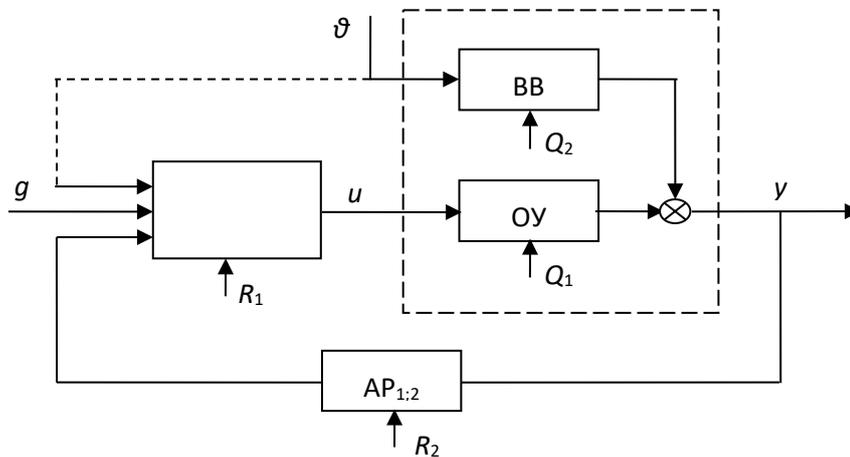


Рисунок 1 – Главный силуэт беспойсковой адаптивной концепции управления.

Силуэт образован объектом управления (ОУ), адаптивным прямым регулятором  $AP_1$  и регулятором обратной связи  $AP_2$ , рабочие процессы которых регулируются переменными регуляторами  $R_1$  и  $R_2$  соответственно. Кроме того, на объект управления воздействует возмущение  $\theta$  в виде возмущающего воздействия  $ВВ$ . Если предположить, что система управления может оценивать параметры возмущения, то эти оценки подаются на входы  $AP_1$  для корректировки управления  $g$ , которое через  $AP_1$  подаётся на входы системы. Выходной сигнал  $y$  с ОУ (правильнее, его часть или дубликат) определяет возможные отклонения управления, а сигнал управления  $u$ , формируемый блоком  $AP_1$  после обработки всех трёх входных сигналов, подаётся непосредственно на ОУ. Модель ОУ и  $ВВ$  основана на неизвестном, предполагается, что она известна точно до набора параметров  $Q_1$  и  $Q_2$ . Адаптивность управления по описанной схеме заключается, прежде всего, в возможности изменения параметров регулятора или структуры регулятора в ответ на изменение параметров ОУ или возмущений, действующих на ОУ, и в этом отношении блок обратной связи  $AP_2$  занимает особенно важное место.

Принципы, организующие работу этого блока, можно разделить на два:

- а) качество результатов оценивается тем, насколько близко состояние ОУ к некоторому желаемому состоянию;
- б) при заданной функции, называемой опорной, которая описывает зависимость выходного сигнала  $y$  от входного сигнала  $g$ , качество результатов оценивается тем, насколько фактическая зависимость выходного сигнала  $y$  от входного сигнала  $g$  совпадает с опорной функцией.

Оба подхода используются в процессах управления судовыми двигателями. Если перед судном стоит задача обеспечить заранее заданный конечный результат (например, достичь определённой точки к определённому времени), то предпочтительнее использовать первый подход к организации  $AP_2$ . Если же судну необходимо выполнить поставленную задачу и обеспечить наиболее благоприятный режим движения, включая работу судовых двигателей, то предпочтительным может оказаться подход, основанный на эталонной модели.

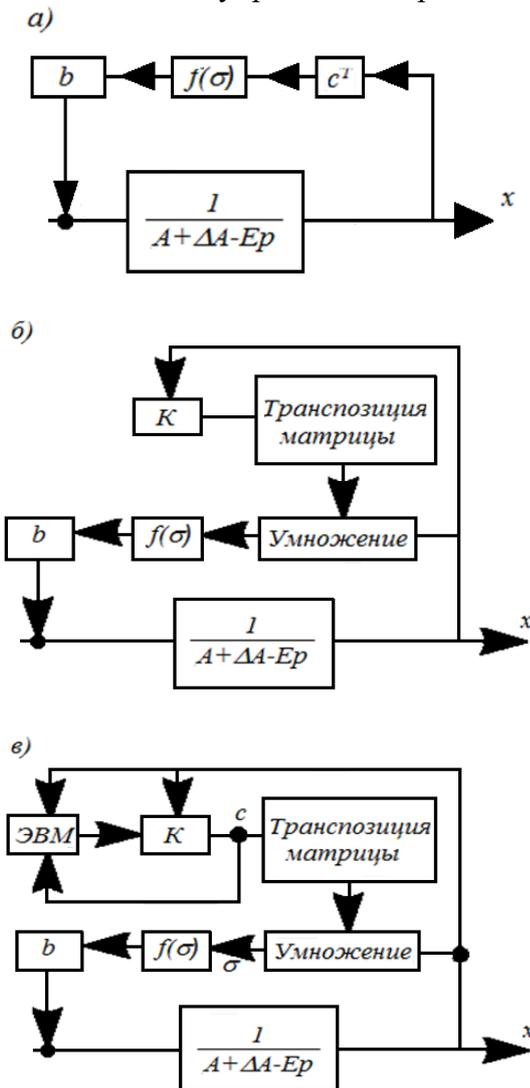
Особенностью адаптивной системы управления является возможность использования обоих принципов, при этом один из них может быть заменён другим в зависимости от поставленных задач. Это означает, что в процессе адаптивного управления судовым двигателем может меняться структура регулятора. С этой точки зрения, в теории автоматического управления адаптивные системы делятся на две большие группы по характеру изменений в управляющем устройстве.

а) самонастраивающиеся (меняются только значимости характеристик регулятора);

б) самоорганизующиеся (меняется устройство самого регулятора).

Рассмотрим методы синтеза адаптивных законов автоматического управления с целью разбора ситуации самонастраивающихся и самоорганизующихся концепций. С целью отображения синтеза адаптивных модальных законов автоматического управления используем материал, описанный в литературе [6, 7].

Упрощённые схемы синтеза любого вида управлений отражены на рисунке 22 (а, б, в).



а) исходная система; б) самонастраивающаяся система; в) самообучающаяся система.

Рисунок 2 – К синтезу адаптивного модального закона управления.

Пусть концепция автоматического управления [8], презентованная на рисунке 2, описывается уравнением:

$$\frac{dx}{dt} = (A + \Delta A) \cdot x + b \cdot f(\sigma), \quad \sigma = c^T \cdot x, \quad (3)$$

где

$A = (a_{ki})$  – стабильная матрица  $n \times n$ ;

$\Delta A$  – её прирост;

$b, c$  – градиент-столбики;

$T$  – признак транспонирования;

$x$  –  $n$ - равномерный градиент местоположения;

$\sigma$  – руководящий знак (сигнал);

$f(\sigma)$  – нелинейная скалярная функция.

Тогда:

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix}; \quad A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}; \quad \Delta A = \begin{bmatrix} \Delta a_{11} & \dots & \Delta a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \Delta a_{n1} & \dots & \Delta a_{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$b = \begin{bmatrix} b_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_n \end{bmatrix}; \quad c = \begin{bmatrix} c_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ c_n \end{bmatrix}; \quad c^T = [c_1 \quad \dots \quad c_n]; \quad E = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Станем считать, что прирост  $\Delta A$  матрицы способен меняться в ходе эксплуатации, а также ставим проблему обобщать коэффициенты закона управления  $c^T \cdot x$  таким способом, чтобы концепция существовала и была трудоспособной, соответствовала установленным условиям при разных конфигурациях  $\Delta A$ .

С этой целью используем беспойсковую самонастраивающуюся концепцию (в согласовании с рисунком 2 б), используя силуэт самонастройки коэффициентов закона управления:

$$c = K \cdot x, \quad (6)$$

где

$K$  – форма  $n \times n$  вместе с неизвестными пока что компонентами, следует:

$$K = \begin{bmatrix} k_{11} & \dots & k_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ k_{n1} & \dots & k_{nm} \end{bmatrix}.$$

Равенство (3) будет характеризовать главный силуэт новой концепции [9]. Из уравнений (3), а также (6) получаем:

$$\frac{dx}{dt} = Ax + \Delta Ax + bf(\sigma), \quad \sigma = x^T K^T x, \quad (7)$$

где

$$x^T = [x_1 \quad \dots \quad x_n] \quad K^T = \begin{bmatrix} k_{11} & \dots & k_{n1} \\ \dots & \dots & \dots \\ k_{1n} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix}$$

С помощью не особого преобразования концепцию (7) приведём к равносильной фигуре:

$$\frac{dz}{dt} = \lambda'z + \Delta\lambda z + f(\sigma), \quad \sigma = z^T Q^T z \tag{8}$$

где

$$\lambda' = \begin{bmatrix} \lambda'_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda'_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \lambda'_n \end{bmatrix}, \quad \Delta\lambda = \begin{bmatrix} \Delta\lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \Delta\lambda_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \Delta\lambda_n \end{bmatrix}, \quad Q = \begin{bmatrix} q_{11} & \dots & q_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ q_{n1} & \dots & q_{nn} \end{bmatrix} \text{ – квадратные матрицы;}$$

$\lambda_i$  – свои значимости матрицы  $A + \Delta A$ , т.е. корни уравнения:

$$D(\lambda) \cong |A + \Delta A - \lambda E| = \begin{bmatrix} a_{11} + \Delta a_{11} - \lambda & \dots & a_{1n} + \Delta a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} + \Delta a_{n1} & \dots & a_{nn} + \Delta a_{nn} - \lambda \end{bmatrix} = 0, \quad \lambda_i = \lambda'_i + \Delta\lambda_i$$

$D'(\lambda) = |A - \lambda E|$  и  $\Delta\lambda_i$  – корни уравнения

$$|\Delta A - \Delta\lambda E| = \begin{bmatrix} \Delta a_{11} - \Delta\lambda & \dots & \Delta a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \Delta a_{n1} & \dots & \Delta a_{nn} - \Delta\lambda \end{bmatrix} = 0,$$

$$\left\{ \begin{aligned} q_{ij} &= \frac{1}{D'(\lambda_i)D'(\lambda_j)} \sum_{\alpha, \beta=1}^n k_{\alpha\beta} N_\alpha(\lambda_i) N_\beta(\lambda_j), \\ N_\alpha(\lambda) &= \sum_{l=1}^n b_l D_{l\alpha}(\lambda) \end{aligned} \right., \tag{9}$$

Отметим, что изменение будет не особым, в случае если количества некратные, а также анализируемый предмет целиком управляем, т.е. решается  $|A + \Delta A| \neq 0$ .

Станем анализировать коэффициенты  $k_{ij}$  ( $i, j = 1, \dots, n$ ) в качестве характеристик, составляющих  $n^2$  – мерное пространство  $K^{n^2}$ .

Составим концепцию  $n^2$  алгебраических уравнений:

$$\sum_{\alpha=1}^n \sum_{\beta=1}^n k_{\alpha\beta} \cdot N_\alpha(\lambda_i) \cdot N_\beta(\lambda_j) = A_{ij}, \quad i, j = \overline{1, n} \tag{10}$$

где

$A_{ij}$  и  $A_{ji}$  – совокупно принадлежащие (для  $\lambda_i, \lambda_j$  комплексно сопряженных) или вещественные (для  $\lambda_i, \lambda_j$  вещественных), в прочем случайные долговременные.

Воспользовавшись способом сечений пространства характеристик, поставим в участке  $K^{n2}$  сечения – гиперплоскость  $G_2^{(s,r)}$  концепцией (10) при обстоятельствах:

$$A_{ij} = 0 \text{ для всех } i, j = \overline{1, n}; \quad i, j \neq s, r; \quad A_{sr} \neq 0, A_{ss} \neq 0, A_{rr} \neq 0 \quad (11)$$

Профиль  $G_I^{(s)}$  – той же концепцией при обстоятельствах  $A_{ss} \neq 0$ , остальные  $A_{ij} = 0$ . В любом профиле  $G_2^{(s,r)}$  концепция (8) включает самостоятельную подсистему 2-го порядка:

$$\begin{cases} \frac{dz_s}{dt} = \lambda'_s z_s + \Delta \lambda_s z_s + f(\sigma), & \frac{dz_r}{dt} = \lambda'_r z_r + \Delta \lambda_r z_r + f(\sigma), \\ \sigma = q_{ss} z_s^2 + (q_{sr} + q_{rs}) z_s z_r + q_{rr} z_r^2 \end{cases} \quad (12)$$

в любом профиле  $G_I^{(s)}$  – самостоятельную подсистему 1-го порядка:

$$\frac{dz_s}{dt} = \lambda'_s z_s + \Delta \lambda_s z_s + f(\sigma), \quad \sigma = q_{ss} z_s^2 \quad (13)$$

В последствии изучения концепций (12), (13) местоположение  $z_i (i \neq s, i \neq r)$  формируются с квадратур:

$$z_k = z_{0k} \cdot e^{-(\lambda'_k + \Delta \lambda_k)t} \int_0^t f(\sigma(\tau)) e^{(\lambda'_k + \Delta \lambda_k)\tau} d\tau \quad (14)$$

Данное изменение даёт возможность передвинуть итог изучения в начальную концепцию (3) и (4).

**Результаты исследования.** Проанализировав приобретённые результаты, изображенный процесс может быть выполнен на основании алгоритма, единая модель которого изображена на рисунке 3.

В результате, если принимать вероятность предварительной оценки перемены при синтезе концепции в модулях  $G_2^{(s,r)}$ ,  $G_I^{(s)}$ , то можно подобрать такие  $q_{ij} (i, j = s, r)$  и, следовательно,  $k_{ij} (i, j = 1, \dots, n)$  и  $c_k (k = 1, \dots, n)$ , при которых  $x(t)$  удовлетворяет установленным условиям стабильности и свойствам, при вероятных конфигурациях  $\Delta A$ .

Выстроенному регулированию достаточно быть адаптивным, так как модификация  $\Delta A$  порождает изменение  $x$ , а заключительное, в силу (6), – даёт изменения коэффициентов закона управления.

Для преобразования наиболее продвинутого управления вместе с настройкой коэффициентов  $k_{ij}$  силуэта самонастройки в ходе его функционирования следует увеличить концепцию ещё одной степенью иерархии, включив числовое вычисляемое приспособление (рисунок 2 в).

Адаптация приобретённой модификации к концепции управления в судовых моторах призывает участия абсолютно всех упомянутых выше коэффициентов. Равно как результат, при активных конфигурациях обстоятельств в любой настоящий период реализуемого момента способен не быть подходящим для данного времени, что уже понижает единую результативность процесса управления.

Таким образом, при использовании концепции адаптивности в системе управления, решения становятся наиболее эффективными, особенно для систем, которые функционируют в условиях быстро меняющейся внешней среды. Однако возникают проблемы, связанные с необходимостью обработки данных, относящихся к прошлому и

текущему состоянию системы, а также возможному будущему состоянию (прогнозам). Всё это значительно усложняет процесс управления.

Адаптивные системы управления представляют собой инновационный подход, который позволяет автоматически адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям. Они основаны на использовании алгоритмов и искусственного интеллекта, что позволяет им эффективно реагировать на переменные факторы и принимать оптимальные решения.

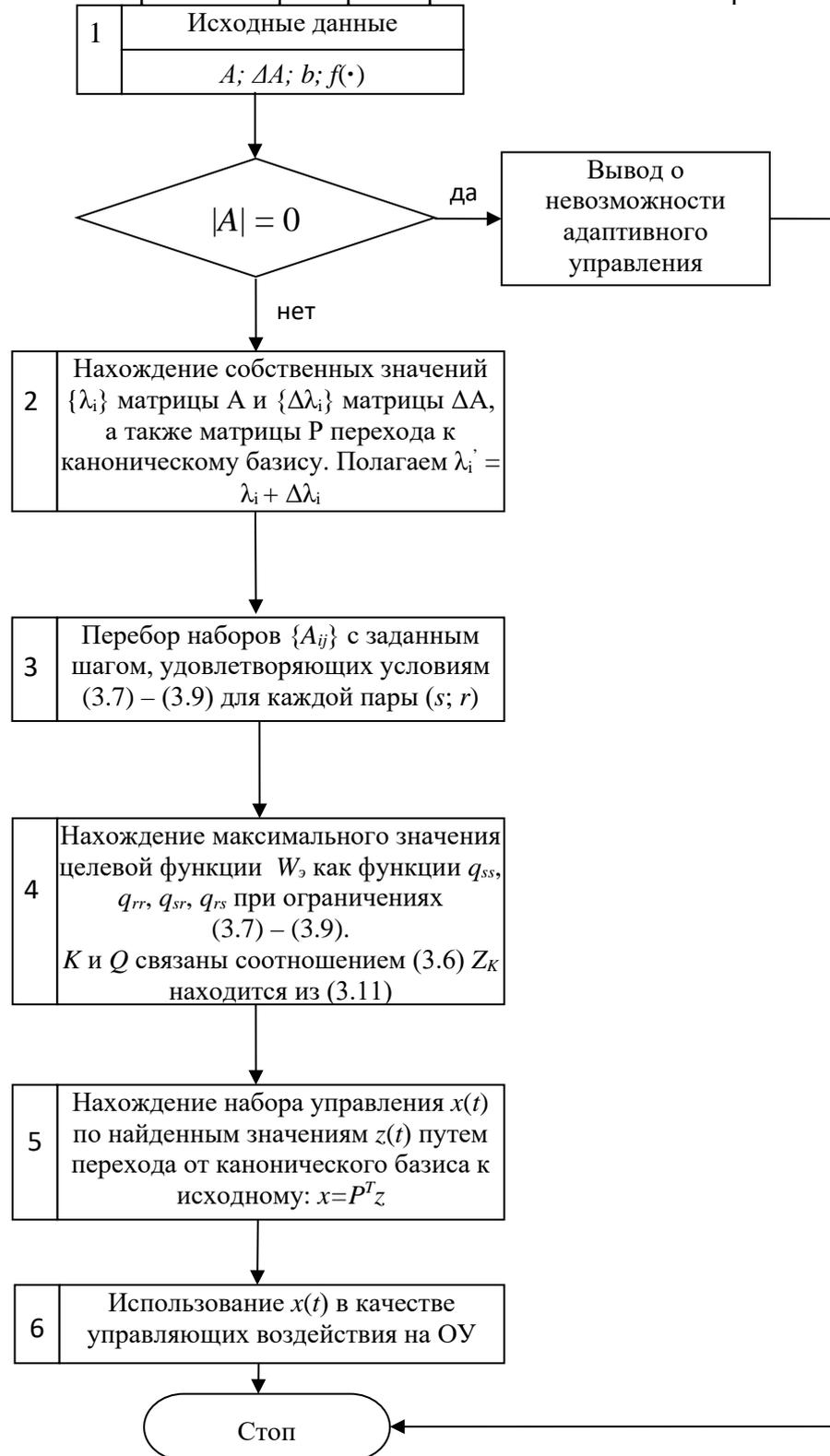


Рисунок 3 – Единая модель алгоритма адаптивного управления при установленном аспекте оптимальности

**Заключение.** Одним из главных преимуществ адаптивных систем управления является их способность к самообучению. Они могут анализировать данные, извлекать из них закономерности и на основе этого улучшать свою работу. Таким образом, с течением времени они становятся всё более точными и эффективными.

Кроме того, адаптивные системы управления обладают высокой гибкостью. Они могут быстро адаптироваться к новым условиям и требованиям, что позволяет им эффективно функционировать в различных ситуациях. Это особенно важно в быстро меняющихся средах, где стандартные системы управления могут оказаться неэффективными.

Однако, несмотря на все преимущества, адаптивные системы управления имеют и некоторые ограничения. Их разработка и внедрение требуют значительных затрат времени и ресурсов. Кроме того, они могут быть сложными в настройке и поддержке, что требует наличия высококвалифицированных специалистов [10].

В целом, адаптивные системы управления представляют собой перспективное направление развития в области судового управления. Они позволяют повысить эффективность и надёжность систем управления, а также адаптироваться к изменяющимся условиям. Однако, перед их внедрением необходимо тщательно оценить все преимущества и ограничения, чтобы выбрать наиболее подходящий вариант для конкретной ситуации.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Габор Д. Принцип неокончателных решений / Д. Габор. – М.: Наука, 2015.–322с.
- [2]. Сквейвер А. Теория линейного и целочисленного программирования: в 2-х томах / Сквейвер А. – М., Мир, 2016. – т. 1: 360 с.; т. 2: 342 с.
- [3]. Антонов В.Е. Повышение эксплуатационной экономичности судовых дизелей посредством их перевода на водотопливную эмульсию дизельного топлива: дис. ... канд. техн. наук: 05.08.05 / Антонов Виталий Евгеньевич. – Новосибирск, 2006. – 129 с.
- [4]. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления / А.А. Воронов. – 2 изд. – М.: Энергия, 2017. – 312 с.
- [5]. Агафонов Н.П. Судовые микропроцессорные управляющие системы: учебное пособие / Н.П. Агафонов, Н.И. Верлатый, В.А. Голиков и др. – М.: Транспорт, 2014. – 136 с.
- [6]. Ильичев Л.В. Эффективность проектируемых элементов сложных систем / Л.В. Ильичев, В.Д. Волков, В.А. Грушанский. – М.: Высшая школа, 2016. – 280 с.
- [7]. Клюев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Клюев; под ред. А.С. Клюева. – М.: Энергоатомиздат, 2015. – 464 с.
- [8]. Францев Р.Э. Теория автоматического управления: учебное пособие / Р.Э. Францев, И.Р. Францев. – СПб.: СПГУВК. 2014. – 254 с.
- [9]. Козлов А.В. Пути повышения эффективности управления судовыми энергетическими процессами (электронное регулирование СЭУ, автоматизация СТС, комп. модел. суд. САУ) / А.В. Козлов. – СПб.: Судостроение, 2018. – 194 с.
- [10]. Цыркин М.И. Автоматизированное управление судовыми дизельными установками / М.И. Цыркин. – СПб.: Судостроение, 2017. – 264 с.

#### REFERENCES

- [1]. Gabor D. The principle of inconclusive solutions / D. Gabor. – M.: Nauka, 2015.–322p.
- [2]. Squaver A. Theory of linear and integer programming: in 2 volumes / Skvaver A. - M., Mir, 2016. – vol. 1: 360 p.; vol. 2: 342 p.
- [3]. Antonov V.E. Improving the operational efficiency of marine diesel engines by converting them to a water-fuel emulsion of diesel fuel: dis. ... candidate of Technical Sciences: 08/05/05 / Antonov Vitaly Evgenievich. – Novosibirsk, 2006. – 129 p.

- [4]. Voronov A.A. Fundamentals of the theory of automatic control / A.A. Voronov. – 2nd ed. – Moscow: Energiya, 2017. – 312 p.
- [5]. Agafonov N.P. Ship microprocessor control systems: a textbook / N.P. Agafonov, N.I. Verlaty, V.A. Golikov et al. – M.: Transport, 2014. – 136 p.
- [6]. Ilyichev L.V. Efficiency of the designed elements of complex systems / L.V. Ilyichev, V.D. Volkov, V.A. Grushansky. – M.: Higher School, 2016. – 280 p.
- [7]. Klyuev A.S. Design of automation systems for technological processes: reference manual / A.S. Klyuev, B.V. Glazov, A.H. Dubrovsky, A.A. Klyuev; edited by A.S. Klyuev. – M.: Energoatomizdat, 2015. – 464 p.
- [8]. Frantsev R.E. Theory of automatic control: a textbook / R.E. Frantsev, I.R. Frantsev. – St. Petersburg: SPGUVK. 2014. – 254 p.
- [9]. Kozlov A.V. Ways to improve the efficiency of management of marine energy processes (electronic regulation of SEU, automation of STS, comp. model court. ACS) / A.V. Kozlov. – St. Petersburg: Shipbuilding, 2018. – 194 p.
- [10]. Tsyarkin M.I. Automated control of marine diesel installations / M.I. Tsyarkin. – St. Petersburg: Shipbuilding, 2017. – 264 p.

***Патров Фёдор Владимирович***

*Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті,  
Ақтау қ, Қазақстан*

**БЕЙІМДЕЛУ ТҰЖЫРЫМДАМАСЫ НЕГІЗІНДЕ КЕМЕ ДИЗЕЛЬДЕРІН БАСҚАРУ**

***Аңдатпа.*** Бейімделу тұжырымдамасын пайдалану кеме дизельдерін басқару стратегияларын таңдау және әзірлеу кезінде негізгі аспект болып табылады. Бейімделу мақсаттарға жетуге ғана емес, сонымен қатар өзгермелі жағдайларда икемділікке де назар аударады. Шешімдер белгілі бір жағдайлар, нақты уақыт және шешім қабылдаушы тұлға үшін ғана оңтайлы.

Джордж Габор ұсынған түпкілікті емес шешімдер принципі [1] болашақ таңдау еркіндігіне және жағымсыз салдардың орнын толтыруға кепілдік беру үшін әр кезеңде шешімдерді түзетуге дайын болу қажеттілігін көрсетеді.

Бейімделу тұжырымдамасын тиімді қолдану басқару шешімдерін қабылдау процесінде модельдеуді қолдану арқылы жүзеге асырылады. Дегенмен, модельдеуді практикалық қолдану мұқият талдау мен шешімдерді қажет ететін бірқатар мәселелерге тап болады.

***Кілт сөздер:*** бейімделу тұжырымдамасы; басқару моделі; модельдеу әдістері; кеме дизелі; автоматты басқару теориясы; параметрлер векторы; пайдалану шарттары; Байқау; сәйкестендіру; бейімделу.

***Patrov Fedor Vladimirovich***

*Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenova  
Aktau, Kazakhstan*

**MANAGEMENT IN MARINE DIESELS BASED ON THE CONCEPT OF  
ADAPTABILITY**

***Annotation.*** The use of the concept of adaptability is a key aspect in the selection and development of management strategies for marine diesels. Adaptability provides not only a focus on achieving goals, but also flexibility in changing conditions. Solutions are optimal only for certain conditions, a specific time and the decision-maker.

The principle of inconclusive solutions, proposed by George Gabor [1], emphasizes the need to remain ready to adjust decisions at every stage in order to guarantee future freedom of choice and compensation for undesirable consequences.

The effective application of the concept of adaptability is achieved through the use of modeling in the process of making managerial decisions. However, the practical use of modeling faces a number of problems that require careful analysis and solutions.

**Key words:** the concept of adaptability; control model; modeling methods; marine diesel; theory of automatic control; vector of parameters; operating conditions; observability; identifiability; adaptability.