

УДК 621.431

Е.А. Кононова, А.А. Нечаус, А.П. Серпуцько

Харківський університет Воздушних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ВЫБОР ОБОБЩЕННОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

В статье рассмотрены методы оценки технического состояния дизель-генераторов, обоснован выбор обобщенного диагностического параметра, предложен вариант устройства диагностики, реализующего оценку технического состояния дизель-генератора топливно-мощностным методом.

**Ключевые слова:** диагностический параметр, методы диагностики, устройство диагностики.

### Введение

**Постановка проблемы.** Для определения технического состояния дизель-генератора необходимо исследование режимов его работы и выполняемых им функций, определение перечня наиболее вероятных дефектов и признаков их проявления. В ходе такого исследования необходимо разработать диагностическую модель объекта, выбрать диагностиче-

ские параметры, метод и средства диагностирования, оценить их характеристики, а затем проанализировать работу системы диагностирования.

Дизель-генератор как объект диагностики может быть представлен в виде совокупности последовательно и параллельно соединенных звеньев. Структурная схема дизель-генератора, построенная в соответствии с таким представлением, приведена на рис. 1.

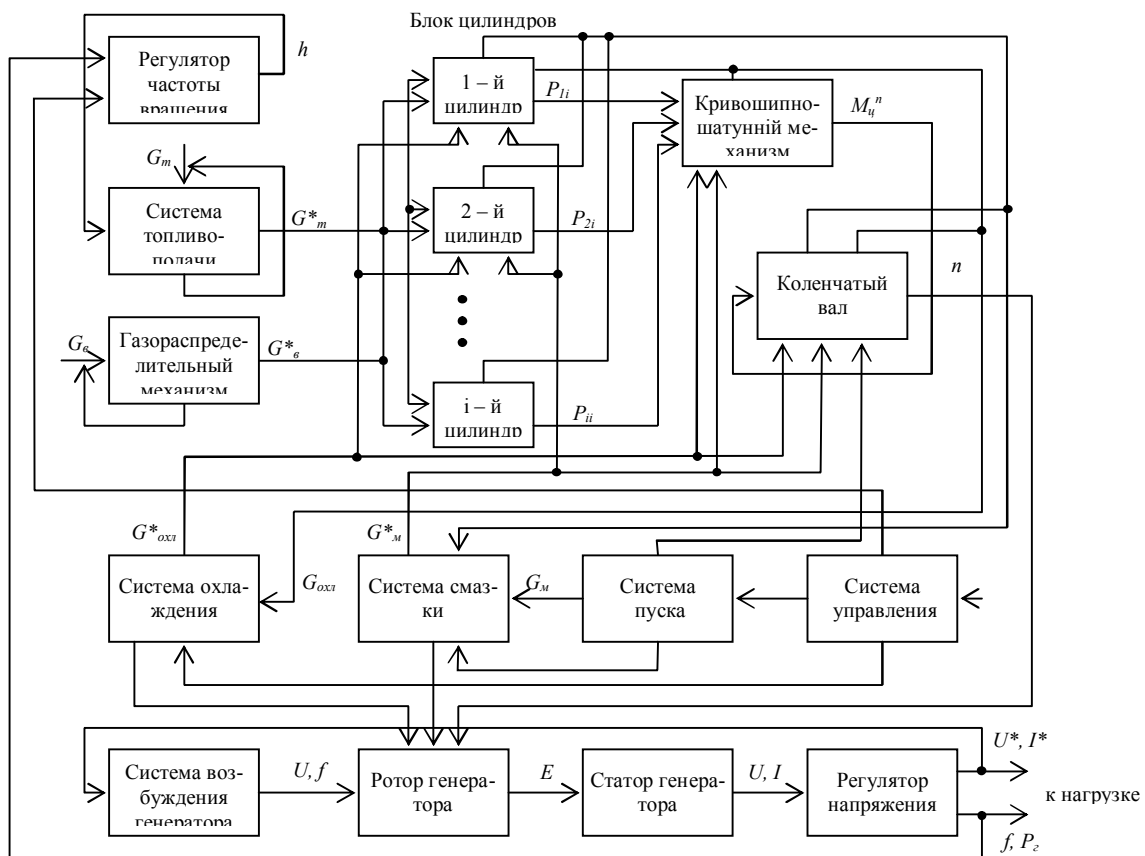


Рис. 1. Структурная схема дизель-генератора

На представленной схеме акцент сделан не только на основных (функциональных) системах и связях между ними, но и на вспомогательных системах, обеспечивающих работу основных систем. К основным системам отнесены система топливоподачи, газораспределительный механизм, блок цилиндров, кривошипно-шатунный механизм, коленчатый вал, ротор с системой возбуждения и статор генератора. В этих системах осуществляется процесс преобразования химической энергии топлива в тепло, а затем в механическую энергию, которая впоследствии преобразуется в электрическую энергию. К параметрам, которые определяют работу этих систем, относятся расход топлива  $G_T$ , расход воды  $G_B$ , индикаторная мощность  $i$ -го цилиндра  $P_{in}$ , вращающий момент  $M_{ц}^n$ , эффективная мощность  $P_e$ , число оборотов вала  $n$ , напряжение  $U$ , ток нагрузки  $I$ , мощность генератора  $P_r$  и частота вырабатываемого напряжения  $f$ .

К вспомогательным системам относятся системы охлаждения, смазки, пуска, возбуждения. Координирует работу основных и вспомогательных систем система управления, осуществляющая свои воздействия через регулятор частоты вращения и регулятор напряжения.

Дефекты и поломки, возникающие в процессе эксплуатации, сказываются на работе дизель-генератора, приводят к ухудшению качества вырабатываемой электрической энергии и могут явиться не только причиной дефицита вырабатываемой мощности, но привести к аварии дизель-генератора. Проявление этих неисправностей сказывается на таких параметрах, как:

- температура отработавших газов  $T_T$ ;
- давление газов в цилиндрах в начале сгорания  $P_C$ ;
- максимальное давление сгорания  $P_Z$ ;
- максимальная скорость нарастания давления

в процессе сгорания  $\left(\frac{dP}{d\varphi}\right)_{\max}$ ;

- угол опережения подачи топлива  $\varphi_{оп}$ ;
  - период задержки воспламенения топлива  $\varphi_i$ ;
  - продолжительность впрыска топлива  $\varphi_{вп}$ ;
  - максимальное давление впрыска топлива  $P_T$ ;
  - среднее индикаторное давление  $P_i$ ;
  - факторы динамичности цикла  $\beta = \varphi_i / \varphi_{вп}$ ,
- $$\lambda_T = \frac{P_Z}{P_C}, \quad \gamma = \frac{P_Z - P_C}{\varphi_Z};$$
- механический КПД дизеля  $\eta_m$ ;
  - давление наддува  $P_K$ ;
  - удельный расход топлива  $g_e$ .

Многообразие параметров, с помощью которых возможно определить техническое состояние дизель-генератора, усложняет условия их выбора. Для оценки общего состояния дизель-генератора и для оценки технического состояния отдельных его систем необходимо иметь показатель, с помощью которого возможно определить изменение состояния дизель-генератора в процессе эксплуатации.

**Анализ литературы.** Исследованию вопросов диагностирования технического состояния различных объектов посвящен ряд отечественных и зарубежных работ. Наиболее значимыми из них являются [1 – 9]. В фундаментальном труде [5] изложены задачи и особенности технического диагностирования при обеспечении надежности, приведены основные определения, модели, алгоритмы и методы диагностирования. Здесь же изложен материал, посвященный методам анализа аналоговых и дискретных моделей, методы оптимизации алгоритмов диагностирования и даны примеры систем технического диагностирования общего назначения.

Теоретические основы технической диагностики, статистические методы распознавания и разделения в пространстве признаков, метрические и логические методы диагностики изложены в [9]. Здесь значительное внимание уделено теории информации и ее приложению к задачам диагностики. В [4] рассмотрены методы и средства технической диагностики. Здесь также изложены принципы выбора параметров и алгоритмов поиска отказов в сложных структурах.

Методы виброакустики изложены в [6], вопросы диагностики автотракторных двигателей рассмотрены в [4, 7], в [9] изложены вопросы, связанные с разработкой систем диагностирования судового оборудования. Основные методы технического диагностирования двигателей внутреннего сгорания изложены в [6]. Вопросам повышения надежности работы дизелей посвящена работа [9], разработке средств контроля технического состояния дизельных электростанций – работа [2]. Общим вопросам диагностирования и разработке средств неразрушающего контроля – труды [1, 9]. Оценке состояния отдельных агрегатов посвящены работы [3, 6].

Оценку общего состояния дизель-генератора можно выполнить по таким параметрам качества электрической энергии, как отклонения и колебания напряжения, отклонение частоты, неравномерность частоты вращения вала, а также по удельному расходу топлива, температуре и составу выхлопных газов.

Состояние блока цилиндров может быть определено по характеристикам вибраций, а также по величинам индикаторной мощности, давлению в конце процесса сжатия, давлению в конце процесса расширения, неравномерности частоты вращения, температуре газов, расходу масла, количественному и качественному составу примесей в масле.

Состояние кривошипно-шатунного механизма может быть определено по характеристикам вибраций, а также по величинам давления масла в главной масляной магистрали, перемещения поршня относительно оси коленчатого вала. Состояние коленчатого вала оценивают по величине расхода масла через подшипники, по характеристикам вибраций, а также по количественному и качественному составу примесей в масле.

Состояние статора и ротора генератора оценивают по величине сопротивления изоляции, по характеристикам вибраций, а также по величинам напряжения, тока и частоты.

Состояние системы топливоподачи определяют по величине зазора плунжерных пар, по времени нарастания давления в надплунжерной полости топливного насоса, по величине давления топлива после топливного насоса, по фазовым параметрам вибросигналов, по степени неравномерности частоты вращения коленчатого вала, по величине удельного расхода топлива и по содержанию окиси углерода в выхлопных газах.

Оценка состояния системы смазки проводится путем определения загрязненности смазочного масла, путем определения передаточных функций между входом и выходами системы, а также путем регистрации ультразвукового сигнала, проходящего через емкость с маслом и сравнении его с эталонным; путем определения состояния центробежного маслоочистителя измерением продолжительности вращения его ротора по инерции после остановки двигателя; путем определения состояния фильтрующих элементов измерением перепада давлений до и после фильтров, а также по величинам давления масла и производительности масляного насоса.

Оценка состояния системы охлаждения проводится путем контроля уровня жидкости и содержания в ней антикоррозионных присадок; определения теплорассеивающей способности радиаторных секций системы охлаждения; определения соотношения между температурой отработанных газов, подогревом охлаждающей жидкости, градиентами нарастания температуры охлаждающей жидкости и их эталонными значениями, а также путем определения передаточных функций между входом и выходом системы.

Оценка состояния газораспределительного механизма проводится по герметичности газоздушных трактов; по засоренности фильтрующих элементов; по комплексному коэффициенту прохождения волн давления, характеризующему передаточную функцию элемента выпуска; по отложению и накоплению продуктов неполного сгорания в системе газovýchлопа.

Систему возбуждения генератора оценивают по величине напряжения генератора и характеристикам переходного процесса при сбросах-набросах нагрузки. Оценку систем управления проводят путем тестового диагностирования, фиксируя при этом реакцию дизель-генератора на специально поданные на вход системы управления воздействия.

**Цель исследования.** Обоснование выбора обобщенного диагностического параметра для оценки технического состояния дизель-генератора.

### Основной материал

Для оценки общего состояния дизель-генератора составим логическую модель объекта исследования. При этом будем исходить из следующего:

- каждую систему дизель-генератора представим в виде блока, характеризуемого несколькими параметрами;
- число входов и выходов блока равно числу его параметров;

- внешние  $x$  и внутренние  $\alpha$  сигналы блока будем считать его входными сигналами;

- в случае если в построенной таким образом логической схеме имеются логические блоки с  $m$ -выходами (выходной сигнал характеризуется  $m$  параметрами), схема перестраивается таким образом, чтобы вместо одного блока с  $m$  выходами в ней было  $m$  блоков с одним входом и существенными для этого блока выходами;

- значение входа (выхода) блока обозначим  $1$  в случае, если значение соответствующего параметра принадлежит области допустимых значений, в противном случае, значение входа (выхода) блока обозначим через  $0$ .

Логическая модель дизель-генератора, построенная по сформулированным правилам и соответствующая его структурной схеме рис. 1, приведена на рис. 2.

Здесь приняты следующие обозначения. Блок Б1 – это регулятор частоты вращения, на вход которого поступают сигналы  $x_{241}$  от системы управления,  $x_{171}$  от системы смазки и информация о величине частоты  $f$  (сигнал  $x_{261}$ ), выходной сигнал этого блока  $x_{11}$  (перемещение рейки топливного насоса  $h$ ) подается через систему топливоподачи на цилиндры двигателя, куда, кроме этого, поступает сигнал  $x_{21}$  с выхода блока Б2, соответствующий подаче топлива  $G_T$ . Блок Б3 – это газораспределительный механизм, на вход этого блока подается сигнал  $x_{31}$ , соответствующий подаче воздуха  $G_B$ . Блоки Б4 – Б15 – это цилиндры двигателя. Блоки Б16 и Б17 соответствуют системам смазки и охлаждения, а сигналы  $x_{161}$  и  $x_{171}$  – расходу масла  $G_M$  и расходу воды  $G_{OHL}$ .

Кривошипно-шатунный механизм (блок Б18) и коленчатый вал (блок Б19) подключены к ротору генератора (блок Б20), на входы которого, кроме того, подаются сигнал от системы возбуждения  $x_{221}$  (блок Б22). Выходной сигнал ротора  $x_{101}$  подается на вход статора (блок Б21), выход которого через регулятор напряжения (блок Б23) по сигналу  $x_{231}$  (напряжение генератора  $U$ ) является выходом системы. Вторым выходом системы является частота  $f$  вырабатываемого напряжения (сигнал  $x_{261}$ ). Блок Б26 введен искусственно для разделения выходов дизель-генератора. В схеме, кроме того, показаны блоки Б24 (система управления) и Б25 (система пуска). Выходным сигналом системы управления является сигнал  $x_{241}$ .

Значение выхода  $x_i$  блока  $B_i$  логической схемы зависит от того, имеется ли в блоке дефект, а также от значения реализуемой блоками функции  $F_i$ , т.е.  $x_i = B_i F_i$ . Если дефекта в блоке нет, то  $B_i = 1$ , в противном случае  $B_i = 0$ .

Максимум информации о состоянии объекта можно получить, если контролировать выходы всех блоков. Однако в этом нет необходимости, так как с помощью логической модели можно определить необходимый состав контрольных точек для рассматриваемой задачи диагностирования дизель-генератора. Искомое решение получим с помощью таблицы дефектов, которую построим на основе разрабатываемой логической модели.

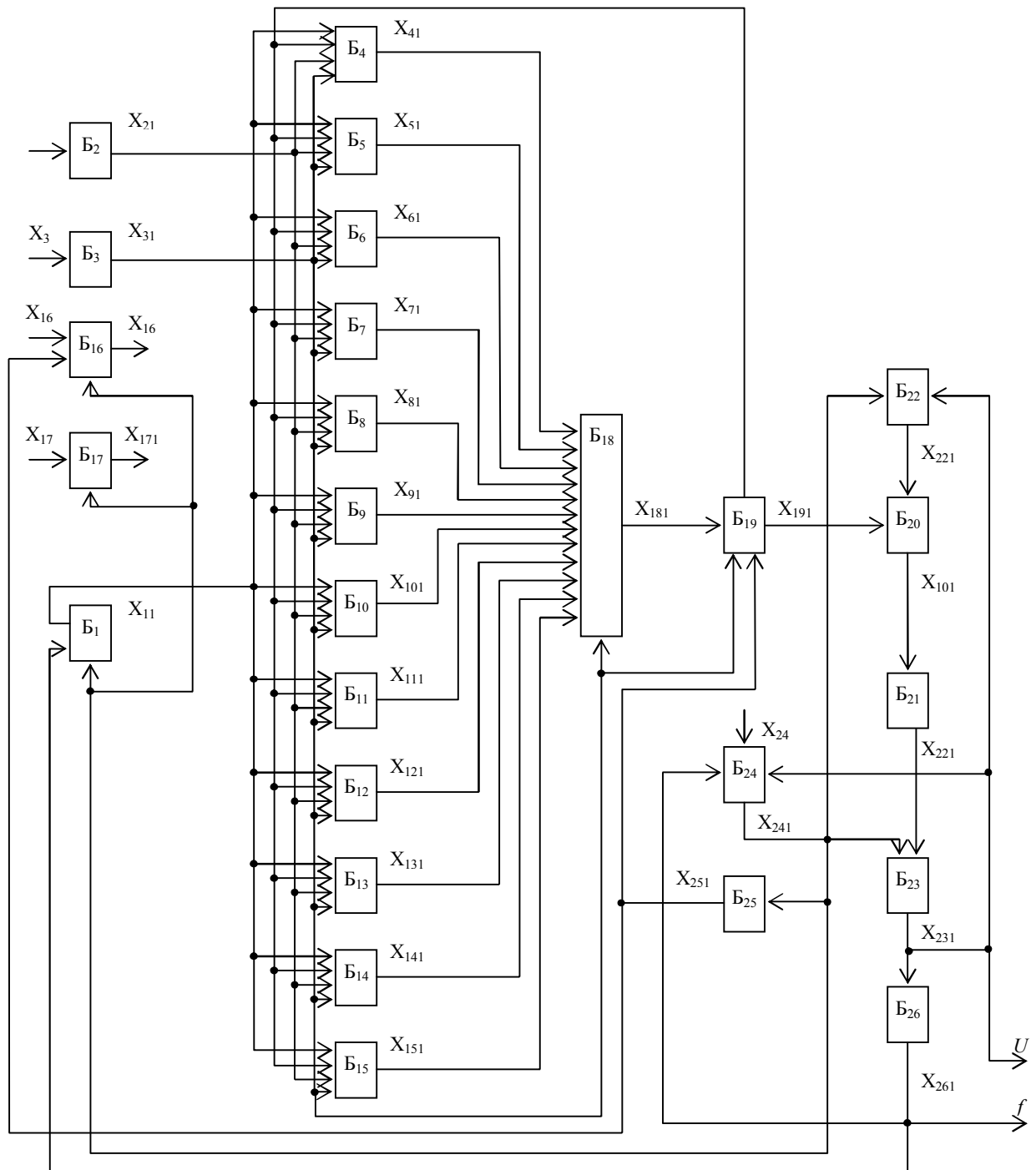


Рис. 2. Логическая схема дизель-генератора

В таблице дефектов строкам соответствуют выходы блоков модели, а столбцам – исправное состояние или неисправное состояние блока  $B_i$  модели. В каждой клетке таблицы поставлены допустимое (1) или недопустимое (0) значение выхода  $x_i$  для соответствующего технического состояния.

При составлении таблицы первый столбец соответствует такому состоянию дизель-генератора, при котором дефекты отсутствуют. Будем исходить из условия о том, что имеют место одиночные неисправности в связи с чем, для второго столбца  $q_1 = 0$ , а все остальные  $q_i = 1$ . Третий столбец соответствует условию  $q_2 = 0$  и т.д.

Таблица дефектов позволяет определить: множество элементарных проверок  $\Pi$ , множество технических состояний  $E$ , множество возможных результатов элементарных проверок  $R$ .

Для оценки общего состояния дизель-генератора достаточно выбрать две проверки: 23 строка таблицы (выходное напряжение) и 26 строка таблицы (частота вырабатываемого напряжения). Для обеспечения заданной глубины поиска дефектов необходимы дополнительные проверки: 2 строка (система топливоподачи), 3 строка (газораспределительный механизм), 16 строка (система смазки), 17 строка (система охлаждения), 18 строка (цилиндро-поршневая группа и

Таким образом, для выполнения общей оценки технического состояния дизель-генератора по таким параметрам как напряжение переменного тока и его частота используем векторное дифференциальное уравнение, описывающее изменение выходных параметров дизель-генератора под воздействием внешних возмущений

$$\frac{dx}{dt} = f(x, u, t), \quad (1)$$

где  $x = \{x_i, i = \overline{1, n}\}$  – вектор состояния системы;  $N(t) = \{N_j, j = \overline{1, m}\}$  – вектор внешних воздействий;  $t$  – время.

Совокупность входных и выходных воздействий в (1) и внешних возмущений  $N(t)$  определяется набором допустимых входных воздействий  $\{X(t)\}$  и доступных для измерения выходных сигналов  $\{Y(t)\}$ , вызывающих изменение состояние объекта  $E(t)$ . Требования к системе отразим показателем эффективности работы объекта  $K_r$ , показателем эффективности работы системы диагностирования  $V$ , глубиной поиска дефекта  $\alpha$ , полнотой контроля  $\Pi_k$ .

В результате получим описание работы дизель-генератора в пространстве  $X(t), Y(t)$ , в виде уравнения  $F[X(t), Y(t), N(t), E(t), K_r, V, \alpha, \Pi_k, t] = 0$ . (2)

Соотношение (2) позволяет найти вид функций, определяющих такие свойства системы диагностирования как стоимость  $C$ , трудоемкость  $S$  и достоверность  $D$  и допустимые области их определения, зависящие от показателей эффективности  $K_r$  и  $V$  и параметров  $v_i$ , определяющих характеристики элементной базы.

Обозначим функции через  $C(X, Y), S(X, Y), D(X, Y)$ , а соответствующие области их определения через  $C(K_r, V, v_i), S(K_r, V, v_i)$  и  $D(K_r, V, v_i)$ . Оптимальный обобщенный диагностический параметр –

это совокупность  $\{X^*(t), Y^*(t)\}$ ,

$$X^*(t) \in \{X(t)\}; \quad (3)$$

$$Y^*(t) \in \{Y(t)\};$$

для которой

$$\theta[X^*(t), Y^*(t)] = \text{extr}\{\theta[X(t), Y(t)]\};$$

$$\theta \in \theta(K_r, V, v_i) \quad (4)$$

при

$$C[X(t), Y(t)] \in C(K_r, V, v_i);$$

$$S[X(t), Y(t)] \in S(K_r, V, v_i); \quad (5)$$

$$D[X(t), Y(t)] \in D(K_r, V, v_i);$$

$$I[F(X^*, Y^*, N, \Pi, t)] = \alpha, \quad (6)$$

где  $I[\ ]$  – якобиан преобразования;

$\theta(\ )$  – определяет размерность обобщенного диагностического параметра.

Заполненная таблица дефектов дизель-генератора, представленного логической моделью рис. 2, приведена в табл. 1.

Таким образом, выбор обобщенного диагностического параметра сводится к определению минимального числа компонент входных воздействий и измеряемых сигналов при что стоимость системы и трудоемкость диагностирования не выйдут из допустимых пределов, будут обеспечены не ниже заданных достоверность и глубина диагностирования и достигнута заданная эффективность работы дизель-генератора.

Рассмотрим особенности практической реализации устройств диагностирования дизель-генераторов, выпускаемых промышленностью. В настоящее время рядом зарубежных фирм разработаны и внедрены ряд систем технического диагностирования дизельных установок.

Таблица 1

Таблица дефектов

R	E																												
	q0	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9	q10	q11	q12	q13	q14	q15	q16	q17	q18	q19	q20	q21	q22	q23	q24	q25			
Π	X11	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
	X21	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	X31	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
	X41	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
	X51	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	X61	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	X71	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	X81	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	X91	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	X101	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	X111	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	X121	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	X131	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	X141	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	X151	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	X161	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
	X171	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
	X181	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	X191	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
	X201	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
	X211	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	X221	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	X231	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	X241	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
	X251	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
X261	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0		

Контроль в системе SENDS концентрируется на тепловой нагрузке, износе цилиндрических втулок и поршневых колец, а также характеристиках впрыска и сгорания топлива. В этой системе учтено, что причины выхода из строя дизелей достаточно однообразны и могут быть заблаговременно предотвращены при надлежащем наблюдении и контроле условий работы отдельных узлов и деталей. Чувствительными элементами системы контроля являются аналоговые датчики, регистрирующие состояние теплонапряженных деталей дизеля, основные параметры индикаторной диаграммы, давление впрыска, угловую частоту вращения  $n$ , эффективный момент  $M_e$ , расход топлива  $G_T$  и расход воздуха  $G_B$ . На основании сравнения результатов измерений со стандартными величинами вырабатываются указания по регулированию, обслуживанию и ремонту узлов дизельных установок.

Другим примером СТД общего типа является система NSRI. В системе предусмотрены три вида контроля. Первый – связан с контролем быстропротекающих процессов сгорания топлива в цилиндре, измерения давления топлива в форсунке и измерения частоты вращения. Второй – связан с контролем медленно меняющихся параметров. При этом используются аналоговые датчики с последующим преобразованием снимаемых с них сигналов в унифицированный сигнал и цифровой код. Третий вид контроля основан на определении предельных уровней измеряемых параметров. В системе предусмотрена реализация нескольких одновременно выполняемых программ отбора и обработки информации для диагностических и прогностических целей. Так, при контроле температуры отработанных газов используется вычисление среднего значения и отклонения от него. Самостоятельно или в совокупности с контролем других параметров (контроль впрыска, контроль параметров наддува), данные об относительных отклонениях температуры позволяют реализовать программы диагностики выпускных клапанов, топливной аппаратуры и определить состояние элементов системы наддува.

Для диагностирования дизельных установок средней и малой мощности (ниже 1000 кВт), как правило, системы технической диагностики общего типа не применяются из-за высокой стоимости микро-ЭВМ и необходимости монтажа достаточно большого числа датчиков, способных надежно работать на таких агрегатах. Поэтому широкое распространение в мировой практике получили локальные системы, позволяющие по ограниченному объему информации определить состояние дизельной установки в целом или группы узлов, в наибольшей степени характеризующих состояние дизельной установки.

Такие локальные системы могут использоваться автономно или дополнять друг друга, а также быть частью систем общего типа. В качестве системы технического диагностирования используют систему, позволяющую определять концентрацию масляных паров в картере.

Этот вид контроля весьма эффективен для диагностирования состояния цилиндрично-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма, поскольку при нарушениях в нормальном состоянии трущихся деталей кривошипно-шатунного механизма возникает локальный нагрев поверхности и как следствие этого, испарение масляной пленки и повышение концентрации масляных паров. Для контроля, характеризующего неисправности в работе дизеля, концентрация масляных паров устанавливается в диапазоне от 0,3 до 1,3 мг/л в зависимости от типа дизеля [9].

В системе контроля температуры отработанных газов интегрально оценивается состояние дизельной установки. Применение в этой системе термомониторов позволило реализовать автоматический замер абсолютных значений температуры отработавших газов в отдельных цилиндрах, производимый с определенной частотой. При этом производится расчет по цилиндрам среднего значения температур, определение величины отклонения температуры в отдельных цилиндрах от средней величины и установление момента, когда текущее значение средней величины или каждого отклонения достигнет предельных, недопустимых для нормальной работы дизеля уровней.

Особое место занимают локальные системы технического диагностирования, базирующиеся на контроле давления в цилиндре. Замеры давления впрыска топлива наряду с давлением в цилиндре получают в последнее время широкое распространение для диагностирования состояния топливной аппаратуры. В связи с этим локальные системы часто объединяют эти два вида контроля.

Внедрение систем технического диагностирования в отечественном дизелестроении осложняется тем, что в настоящее время проектирование дизелей ведется без должного учета того, как они будут проверяться в условиях производства или ремонта, как будут организованы проверка работоспособности, правильности функционирования и поиск неисправностей в условиях эксплуатации.

## Выводы

1. Исходя из изложенного, оценку общего технического состояний дизель-генератора предлагается выполнять топливно-мощностным методом, в соответствии с которым необходимо определять фактический удельный расход топлива и сравнивать его с расчетным значением.

Для диагностирования по этому методу необходимо измерять выходную мощность генератора, мощность, расходуемую в цепях возбуждения, и мощность механических потерь. Кроме того, необходимо измерять расход топлива. Результаты измерений должны приводиться к нормальным атмосферным условиям. Для этого необходима их корректировка по температуре атмосферного воздуха, температуре воды и масла на выходе двигателя. На рис. 3 представлен один из возможных вариантов

реализации устройства диагностики, которое позволяет осуществлять диагностирование топливно-мощностным методом. Здесь же приведены аналитические соотношения, с помощью которых выполняется определение искомых величин.

2. Анализ отечественных и зарубежных исследований, посвященных вопросам технического диагностирования, показывает, что до настоящего времени не решены вопросы создания комплексных систем диагностирования дизель-генераторов, позволяющих проводить оценку их состояния с требуемой полнотой и глубиной поиска и обеспечивающих повышение эффективности работы, особенно в условиях их эксплуатации на объектах военного и специального назначения.

3. Наиболее предпочтительны методы, основанные на определении топливно-мощностных показателей и определения степени неравномерности частоты вращения его вала. Оценку технического состояния систем дизель-генератора удобно выполнять частотными методами. Степень неравномерности вращения вала позволяет оценить не только общее состояние дизель-генератора, но и оценить состояние его отдельных цилиндров.

При использовании этого параметра величину степени неравномерности определяют путем измерения интервалов времени, заданных угловыми отрезками, соответствующими углу поворота вала между моментами вспышек в цилиндрах. Однако, если при этом не учитывать крутильные колебания валопровода дизель-генератора, то говорить серьезно об инструментальной достоверности результатов измерения не представляется возможным.

При разработке методов оценки технического состояния отдельных систем предлагается использовать в качестве диагностических моделей дифференциальные уравнения этих систем. Условия работоспособности систем двигателя будут формулироваться в виде ограничений на реакцию системы при

стандартном входном воздействии и проявляются изменением коэффициентов в дифференциальных уравнениях, вызываемым перемещением полюсов и нулей на комплексной плоскости.

### Список литературы

1. Орлин А.С. Конструкция и расчет поршневых и комбинированных двигателей / А.С. Орлин, Д.Н. Вырубов, М.Г. Круглов. – М.: Машиностроение, 1972. – 466 с.
2. Ваншейдт В.А. Конструкция и расчет прочности судовых дизелей / В.А. Ваншейдт. – Л.: Судостроение, 1969. – 640 с.
3. Вихерт И.М. Конструкция и расчет автотракторных двигателей / И.М. Вихерт. – М.: Машигиз, 1964. – 604 с.
4. Говоруценко Н.Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н.Я. Говоруценко. – М.: Транспорт, 1970. – 256 с.
5. Диагностика автотракторных двигателей / Под ред. Н.С. Ждановского. – Л.: Колос, 1977. – 264 с.
6. Кюрегян С.К. Оценка износа двигателей внутреннего сгорания методом спектрального анализа / С.К. Кюрегян. – М.: Машиностроение, 1966. – 151 с.
7. Карпов Л.И. Диагностика и техническое обслуживание тракторов и комбайнов / Л.И. Карпов. – М.: Машиностроение, 1972. – 320 с.
8. Погодин С.И. Приведение мощности дизелей к стандартным условиям / С.И. Погодин. – М.: Машиностроение, 1973. – 144 с.
9. Павлов В.П. Актуальная диагностика механизма / В.П. Павлов. – М.: Машиностроение, 1970. – 220 с.

Поступила в редколлегию 25.07.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### ВИБІР УЗАГАЛЬНЕНОГО ДІАГНОСТИЧНОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

О.А. Кононова, А.О. Нечаус, О.П. Серпутко

*У статті розглянуті методи оцінки технічного стану дизель-генераторів, обґрунтований вибір узагальненого діагностичного параметра, запропонований варіант пристрою діагностики, що реалізовує оцінку технічного стану дизель-генератора паливно-потужностним методом.*

**Ключові слова:** діагностичний параметр, методи діагностики, пристрій діагностики.

### CHOICE OF THE GENERALIZED DIAGNOSTIC PARAMETER FOR THE ESTIMATION OF THE TECHNICAL STATE OF DIESEL-GENERATOR

E.A. Kononova, A.A. Nechaus, A.P. Serputko

*The methods of estimation of the technical state of diesel-generators are considered in the article, the choice of the generalized diagnostic parameter is grounded, the variant of device of diagnostics, realizing the estimation of the technical state of diesel-generator by a fuel-powerful method is offered.*

**Keywords:** generalized diagnostic parameter, methods of diagnostics, device of diagnostics.