

УДК 621.43

И.К. Данилов, К.Л. Слитников, Ю.И. Данилов

ОЦЕНКА ТРУДОЕМКОСТИ РЕМОНТА ДВС СЕТЕВЫМИ МЕТОДАМИ

Для оперативного планирования ремонта сложно точно определить трудоемкость работ. На примере двигателя внутреннего сгорания рассматривается возможность планирования трудоемкости ремонта на основе теории многоуровневых иерархических систем и сетей Петри. Обоснована экспоненциальная зависимость доли восстановления ДВС различных групп от трудоемкости работ, которая учитывает, что часть работ по восстановлению может идти одновременно.

Двигатель, система, планирование, диаграмма Ганта, сеть Петри, экспоненциальная зависимость

I.K. Danilov, K.L. Slitnikov, Y.I. Danilov

EVALUATION OF LABOR-THE REPAIR OF ENGINES OF INTERNAL COMBUSTION WITH NETWORK METHODS

For operational planning repairs difficult to accurately determine the volume of work involved. On the example of an internal combustion engine is considered able to plan maintenance based on the complexity of the theory of multilevel hierarchical systems and Petri nets. Proved the exponential dependence of the fraction recovery engine different groups of labor work, which takes into account that part of the remediation can take place simultaneously.

Engine, system planning, Gantt charts, Petri nets, the exponential dependence

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) можно рассматривать как систему, состоящую из цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного механизма, системы питания, смазки (компонентов). Взаимодействие компонентов системы можно описывать в непрерывном времени – дифференциальными уравнениями, в дискретном – уравнениями в конечных разностях и нерегулярном (событийном) времени, когда время отсчитывается лишь в моменты происхождения событий, изменяющих состояние. Последний способ характерен для процесса восстановления работоспособности ДВС, как наиболее экономичный, но и непростой с точки зрения аналитического описания.

В процессе восстановления моделируемая система представляется совокупностью компонентов, обладающих собственными состояниями. Смена состояний может осуществляться заменой деталей, регулировками или другим изменением внутреннего состояния системы. С точки зрения взаимодействия элементов системы не все их состояния равноправны. Целесообразно выделить среди них три класса состояния: системные, сопряженные, внутренние. Состояния первого класса существенны для планирования ремонтных циклов ДВС. Это некоторая совокупность сопряженных состояний систем и механизмов ДВС, находящихся под воздействием внешних факторов – производственных условий восстановления работоспособности. Изменение внутренних состояний системы или механизма ДВС отражается непосредственно на функционировании других систем, эти состояния важны лишь с точки зрения исследования их технического состояния. Исследуемая система представляет собой совокупность процессов, которая в терминах динамического моделирования может быть описана в виде последовательностей взаимодействия с элементами смежных объектов системы.

Для аналитического описания параллельных процессов восстановления систем ДВС и оценки трудоемкости ремонта введем понятие дискретной диаграммы Ганта. Для этого проведем хронометраж времени, в котором рассматривается трудоемкость при обработке j -й детали компонента ДВС, полагая $t^j = 0, \Delta^j, 2\Delta^j, \dots$. Определим шаг Δ^j как наибольший общий делитель

(НОД) целых чисел $T_i^j, i = 1, \dots, r_j$, где r – число единиц оборудования, на которых обрабатывается j -я деталь:

$$\Delta_i^j = \text{НОД}(T_1^j, \dots, T_{r_j}^j). \quad (1)$$

Тогда m_i^j – время обработки j -й детали на i -й единице оборудования, выраженное в единицах $\bar{m}_i^j = T_i^j / \Delta_i^j$.

Для связи временных шкал t_j определим шаг дискретизации Δ , общий для всех r деталей:

$$\Delta_j^j = \text{НОД}(\Delta^1, \dots, \Delta^r). \quad (2)$$

Соответственно $m_i^j = T_i^j / \Delta_j^j$ есть длительность обработки j -й детали на i -й единице оборудования, выраженная в реальном времени системы. В каждый момент времени k компонент ДВС по отношению к j -й детали находится в некотором состоянии $x^j(n)$. Это состояние для всех компонент ДВС в k -й момент времени всех единиц оборудования системы, участвующих в восстановлении ДВС:

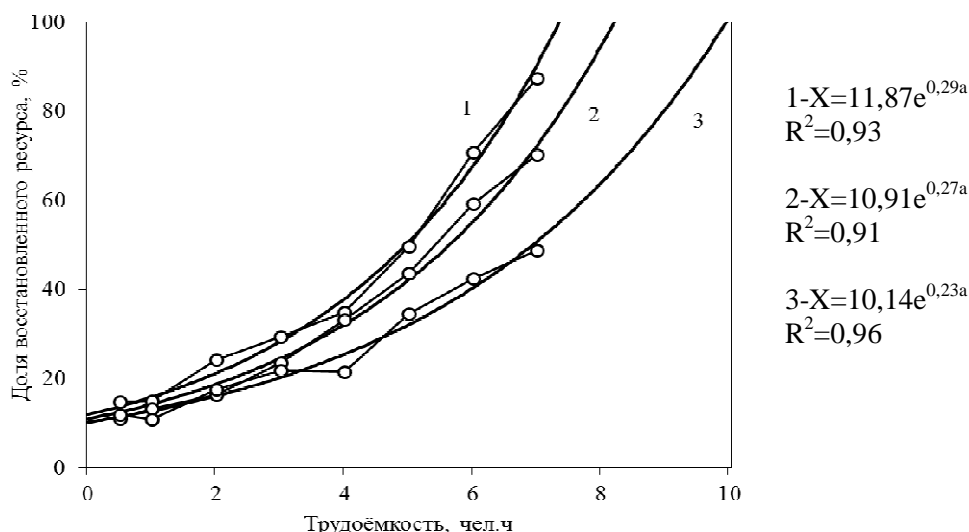
$$x^j(n) = \{x_1^j(n), \dots, x_r^j(n)\}, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (3)$$

Для моделирования необходимо осуществить «развертку» во времени векторов y_i^j , используя $x_i^j(n)$ в качестве внутренних состояний системы. Используя динамические циклические модели для генерации последовательности состояний представим состояние элемента системы в момент времени n в виде:

$$x_i^j(n) = \exp(\pi i / 2), \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad \text{где } i = \sqrt{-1}. \quad (4)$$

С учетом обработки на i -й единице оборудования j -й детали компонента ДВС с помощью введенного выше числа m_i^j и времени ожидания a_i^j состояние $x_i^j(n)$ можно представить в виде:

$$x_i^j(n) = c_i^j \exp(2\pi i(n - a_i^j) / m_i^j) + a_i^j, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$



Зависимость доли восстановления ресурса ДВС при ПР от трудоемкости:
1 – ДВС «новые» - 25 ед.; 2 – ДВС после ПР – 22 ед.; 3 – ДВС после КР – 21 ед.

Учет параллельности процесса ремонта позволили обосновать экспоненциальный характер зависимости доли восстановления ДВС от трудоемкости технических воздействий:

$$X_i^j(n) = C_i^j e^{\frac{(2\pi i(n - a_i^j) + a_i^j)}{m_i^j}}, \quad (6)$$

где $X_i^j(n)$ – доля восстановления конкретного ДВС в момент времени n ; C_i^j – остаточный ресурс ДВС перед ПР; m_i^j – время восстановления j -й детали на i -й единице оборудования; a_i^j – время ожидания обработки j -й детали на i -й единице оборудования; i – число единиц оборудования для восстановления конкретного ДВС.

Для двигателей трех групп, приведенных на рис. 1, определены коэффициенты и параметры экспоненциальных зависимостей. При ремонте систем ДВС трудоемкость должна определяться не алгебраической суммой трудоемкостей каждой из них, а экспоненциальной зависимостью.

Таким образом, недостаточное исследование вопросов, связанных с системным представлением проблемы технологического обеспечения ремонтно-производственных систем явилось причиной имеющихся в настоящий момент сложностей в оценке трудоемкости.

Данилов Игорь Кеворкович –
доктор технических наук, зав. кафедрой
«Автомобили и двигатели», декан
автомеханического факультета Саратовского госу-
дарственного технического университета
имени Гагарина Ю.А.

Igor K. Danilov –
doctor of Engineering, department chair «Cars
and engines», dean of automotive faculty the
Gagarin Saratov State Technical University

Слитников Константин Леонидович –
аспирант автомеханического факультета
Саратовского государственного
технического университета имени Гагарина Ю.А.

Konstantin L. Slitnikov –
graduate student of automotive faculty
Gagarin Saratov State
Technical University

Данилов Юрий Игоревич –
аспирант автомеханического факультета
Саратовского государственного
технического университета имени Гагарина Ю.А.

Yury I. Danilov –
graduate student of automotive faculty
Gagarin Saratov State
Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13