

И.К. ДАНИЛОВ, К.Л. СЛИТНИКОВ, Ю.И. ДАНИЛОВ

ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТА ДВС С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕТЕВЫХ МЕТОДОВ

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.

Ключевые слова: двигатель, система, планирование, диаграмма Ганта, сеть Петри, экспоненциальная зависимость.

I.K. DANILOV, K.L. SLITNIKOV, Y. DANILOV

PLANNING FOR REPAIR ICE USING THE METHODS OF NETWORK

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.

Keywords: engine, system planning, Gantt charts, Petri nets, the exponential dependence.

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) можно рассматривать как систему и процесс планирования восстановления работоспособности считать параллельным, так как он связан с ремонтом 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, наиболее экономичный, но и непростой с точки зрения аналитического описания. Наиболее мощные инструменты здесь - имитационные модели и сети Петри, как основа этих моделей.

Моделирование системы представляется совокупностью компонентов, обладающих собственными состояниями. Смена состояний может осуществляться заменой детали, регулировкой или другого внутреннего для системы фактора. Таким образом, с точки зрения взаимодействия элементов системы не все их состояния равноправны. Целесообразно выделить среди них три класса состояний: 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 введем понятие дискретной диаграммы Ганта. Для этого проведем хронометраж времени (дискретизацию), в котором рассматривается трудоемкость при обработке j -й детали, полагая

$t^j = 0, \Delta^j, 2\Delta^j, \dots$. Определим шаг Δ^j как наибольший общий делитель (НОД) целых чисел $T_i^j, i = 1, \dots, r$, где r – число единиц оборудования, на которых обрабатывается j -я деталь:

$$\Delta^j = \text{НОД}(T_1^j, \dots, T_r^j). \quad (1)$$

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

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

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

Соответственно $m_i^j = T_i^j / \Delta \Delta^j$ 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 компьютерного моделирования необходимо осуществить «развертку» во времени векторов x^j , используя $x_1^j(n)$ в качестве внутренних состояний системы. Используя динамические циклические модели для генерации последовательности состояний представим состояние элемента системы в момент времени n в виде:

$$x_1^j(n) = \exp(i\pi n / 2), \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad \text{где } i = \sqrt{-1}. \quad (4)$$

С учетом обработки на i -й единице оборудования j -й детали с помощью введенного выше числа m_i^j и времени ожидания a_i^j состояние $x_1^j(n)$ можно представить в виде:

$$x_1^j(n) = c_1^j \exp(2\pi i(n - a_1^j) / m_1^j) + a_1^j, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$

Гибкость структур достигается математическим моделированием с помощью теории многоуровневых иерархических систем и сетей Петри, а также приведенными в данной работе и используемыми коэффициентами повторяемости отказов. Приведенные значения пробега до предупредительного ремонта (ПР) и капитального ремонта (КР) теперь могут использоваться как ориентиры для диагностирования по предложенному алгоритму с целью определения остаточного ресурса ДВС. Использование сетевых методов планирования ремонтов за счет учета параллельности процесса ремонта позволили обосновать экспоненциальный характер зависимости доли восстановления ДВС от трудоемкости технических воздействий, а не суммированием трудоемкостей отдельных операций при существующих структурах:

$$X_1^j(n) = C_1^j e^{\frac{(2\pi i(n - a_1^j) + a_1^j)}{m_1^j}}, \quad (6)$$

где $X_1^j(n)$ – доля восстановления конкретного ДВС в момент времени n ; C_1^j – остаточный ресурс ДВС перед ПР; m_1^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.

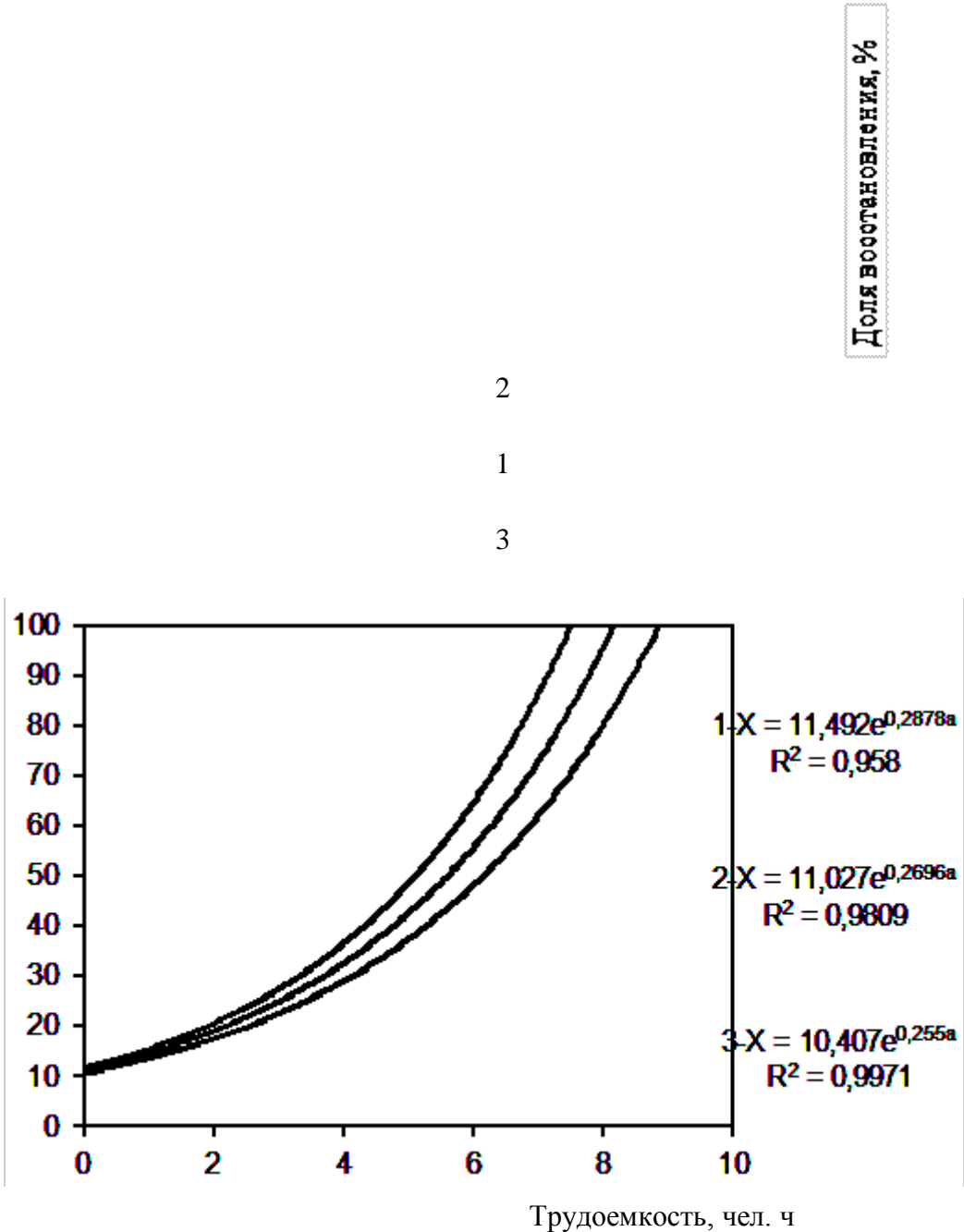


Рисунок 1 – Зависимость доли восстановления от трудоемкости ПР:
1 – ДВС «новые»; 2 – ДВС после ПР; 3 – ДВС после КР

Для двигателей трех групп, приведенных на рисунке 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 имеющих в настоящий момент сложностей в комплексном осуществлении работ компьютеризации оценки трудоемкости. Без осуществления

общесистемного концептуального подхода невозможно добиться создания системы планирования эксплуатационно-ремонтного цикла, охватывающей всю совокупность работ по проектированию и реализации технологии.

Данилов Игорь Кеворкович

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Адрес: 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77

Д-р техн. наук, зав. кафедрой «Автомобили и двигатели», декан автомеханического факультета

Тел. +7(8452)998746

E-mail: danilov@sstu.ru

Слитников Константин Леонидович

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Адрес: 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77

Аспирант автомеханического факультета

Тел. +7(8452)998746

E-mail: slitnikov@mail.ru

Данилов Юрий Игоревич

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Адрес: 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77

Студент 5 курса автомеханического факультета

Тел. +7(8452)370304

E-mail: dankostart@mail.ru