

УДК 629.114.53:629.004.58

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ДОПУСКАЕМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АГРЕГАТОВ И МЕХАНИЗМОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

БАЛАЯН Р. М.

На основе прогнозирования ведущей функции потока отказов, учитывая стохастическую природу процесса изменения параметра технического состояния разработан блок схема алгоритма и номограмма для определения рационального допускаемого отклонения диагностических параметров агрегатов, узлов и механизмов техническое состояние которых влияет на безопасность движения автомобилей.

Известно [1], что для агрегатов и механизмов автомобиля влияющих на безопасность движения установленные допускаемые отклонения их диагностических параметров при организации периодического контроля технического состояния производится из условия обеспечения заданных требований по безотказности. При этом для каждого периодического контроля технического состояния должно быть выбрано такое значение допускаемого отклонения параметра, при котором фактическая вероятность безотказной работы R_d элементов на участке межконтрольной наработки не превышала заранее заданной величины R_d , называемой риском, т.е.

$$P_d \{X_i \geq l_0\} \geq R_d = \gamma \text{ или } l_0 = X_\gamma \quad (1)$$

где R_d - допустимая вероятность безотказной работы. Для агрегатов и механизмов, обеспечивающих безопасность движения, $R_d=0,9-0,99$, для прочих узлов и агрегатов $R_d=0,85-0,9$.

X_i - наработка на отказ; X_γ - гамма процентный ресурс.

Существующие методы определения оптимального допускаемого отклонения параметра технического состояния из условия обеспечения безопасности [2] предполагают периодическую регламентацию межконтрольной наработки и предусматривают планирование технического обслуживания (ТО) каждый раз независимо от выполнения профилактических или ремонтных работ. Такой метод планирования технических действий в том числе и диагностических работ приводит к стохастическому процессу проведения технических обслуживаний и как следствие к увеличению дополнительных потерь в системе массового обслуживания. При организации контроля технического состояния элементов влияющих на безопасность совместно с проведением плановой профилактики, то есть периодически по наработке автомобиля, прогноз технического состояния должен выполняться с учетом вероятности возникновения отказа по совокупности автомобилей в установленные межпрофилактические периоды. При этом значение среднего ожидаемого количества отказов на участке

межконтрольной наработки будет несколько выше за счет некоторой вероятности возникновения вторых и последующих отказов. Следовательно для обеспечения требуемого уровня безотказности необходимо ужесточение допускаемого отклонения диагностического параметра или применение другого метода, позволяющего установить эту совокупность событий.

Таким образом, становится очевидным актуальность разработки метода определения рационального значения отклонения диагностического параметра на основе прогнозирования ведущей функции потока отказов учитывая стохастическую природу процесса изменения параметра технического состояния. Из анализа работ [2] посвященных теоретическим основам прогнозирования технического состояния по результатам периодического контроля, математическая модель описания стохастического процесса изменения параметра описывается следующей системой уравнений.

$$\begin{aligned}
 1. \alpha_1 &= \alpha(\bar{x}) \frac{X}{\bar{x}} \\
 2. \Pi &= \Pi_{\text{пр}} \left(\frac{X}{\bar{x}} \right)^d \\
 3. \bar{X}_{\text{пл}} &= \left(\frac{\Pi_{\text{д}}}{\Pi_{\text{пр}}} \right)^{1/d} \cdot \bar{x} \\
 4. \bar{X}_{\text{ост}} &= \bar{x} \left[1 - \left(\frac{\Pi_{\text{д}}}{\Pi_{\text{пр}}} \right)^{1/d} \right] \\
 5. V_{\text{пл}} &= \sqrt{\frac{\bar{X}_{\text{пл}}}{\bar{x}}} \\
 6. V_{\text{ост}} &= \sqrt{\frac{\bar{X}_{\text{ост}}}{\bar{x}}}
 \end{aligned} \tag{2}$$

где $-\alpha_1$ - α - характеристика изменения неопределенности при переходе по параметру из номинального состояния в любое текущее;
 $\alpha(x)$ - α - характеристика распределения ресурса достижения среднего предельного отклонения параметра технического состояния;

$$(\Pi_{\text{пр}}); (\alpha(\bar{X})) = \frac{1}{\sqrt{V^2}}.$$

$\bar{X}$ -средняя наработка достижения среднего предельного отклонения параметра технического состояния;

Π - текущее значение параметра;

$\Pi_{\text{пр}}$ - среднее предельное отклонение параметра технического состояния;

$\Pi_{\text{д}}$ - допустимое отклонение параметра технического состояния;

d - характеристика связи при параболической аппроксимации процесса изменения параметра технического состояния в среднем по совокупности реализации.

$\bar{X}_{\text{пл}}$ - средняя по совокупности реализации наработка достижения допускаемого отклонения параметра технического состояния.

$\bar{X}_{\text{ост}}$ - средняя по совокупности реализации наработка от состояния $\Pi_{\text{д}}$ до $\Pi_{\text{пр}}$ (средний остаточный ресурс);

γ - коэффициент вариации распределения наработки достижения среднего предельного отклонения параметра технического состояния;
 $V_{\text{нд}}$ - коэффициент вариации распределения наработки достижения состояния $\Pi_{\text{д}}$;

$V_{\text{ост}}$ - коэффициент вариации распределения наработки от состояния $\Pi_{\text{д}}$ до $\Pi_{\text{пр}}$ (среднего остаточного ресурса).

Из вышеприведенных уравнений первое характеризует динамику неопределенности распределения ресурса при переходе по параметру из номинального состояния в любое текущее.

Второе уравнение устанавливает взаимосвязь между изменением параметра в среднем по совокупности реализации и наработкой.

Третье уравнение характеризует взаимосвязь между конкретным значением допустимого отклонения параметра со средним ресурсом его достижения. Четвертое уравнение характеризует взаимосвязь между допустимым отклонением параметра и средним остаточным ресурсом по совокупности реализации.

Пятое и шестое уравнение устанавливают взаимосвязь между средним значением ресурсов ($X_{\text{нд}}$ и $X_{\text{ост}}$) и коэффициентами распределения наработки при достижении соответствующих отклонений параметров технического состояния.

Поскольку речь идет об обеспечении безопасности, то необходимо определение такого значения допускаемого отклонения параметра технического состояния, которое гарантировало бы определенный уровень безотказности для каждого элемента автомобиля.

Поэтому для определения рациональных допустимых отклонений параметра технического состояния следует пользоваться понятием обеспечения вероятности безотказной работы в межпрофилактические или межконтрольные периоды.

Вероятность безотказной работы элемента при продолжении его работы от некоторого состояния $\Pi_{\text{д}}$ при аппроксимации эмпирических данных распределения наработки с плотностью распределения Вейбулла имеет вид

$$P = \bar{e} (\rho_{\text{ост}} \cdot L_{\text{д}})^{\gamma_{\text{ост}}} \quad (3)$$

где $\rho_{\text{ост}}$ и $\gamma_{\text{ост}}$ - параметры распределения остаточного ресурса элемента при продолжении его работы от состояния $\Pi_{\text{д}}$;

$L_{\text{д}}$ - периодичность диагностирования.

Параметры распределения остаточного ресурса элемента при продолжении его работы от состояния $\Pi_{\text{д}}$ могут быть определены с использованием следующих зависимостей

$$\gamma_{\text{ост}} = \frac{1}{V_{\text{ост}}} \quad (4)$$

$$\rho_{\text{ост}} = \frac{\Gamma(1 + \frac{1}{\gamma_{\text{ост}}})}{\bar{X}_{\text{ост}}} \quad (5)$$

где $\Gamma(1 + \frac{1}{\gamma_{\text{ост}}})$ - гамма функция распределения

Приняв $\beta_{ov} = \frac{L_d}{\bar{X}}$ - относительная периодичность диагностирования, -

$\bar{X}_{ост} = \frac{\bar{x}_{ост}}{\bar{X}}$ - относительный остаточный ресурс,

$\Pi_0 = \frac{\Pi_d}{\Pi_{пр}}$ - допустимое отклонение параметра в долях среднего предельного отклонения и преобразовав формулу (3) для Р получим

$$P = e^{-\left\{ \frac{\Gamma \left[1 + \left(\frac{V}{\sqrt{1 - \Pi_0^{1/d}}} \right)^{1,1} \right]}{1 - \Pi_0^{1/d}} \right\} \left(\frac{\sqrt{1 - \Pi_0^{1/d}}}{V} \right)^{1,1} \left(\frac{\sqrt{1 - \Pi_0^{1/d}}}{V} \right)^{1,1}} \cdot \beta_0 \quad (6)$$

Полученное выражение может быть использовано для определения вероятности безотказной работы в зависимости от характеристик изменения параметра состояния по совокупности реализации заданной периодичности диагностирования и коэффициента вариации наработке достижения предельного отклонения параметра при установленном значении его допустимого отклонения. Однако определение по выражению (6) значения вероятности безотказной работы свойственно только невосстанавливаемым объектам, т. е. таким у которых появление отказа приводит, как правило к аварийной ситуации (например, внезапный отказ трубопроводов тормозной системы и др.). Для постепенных отказов полная потеря работоспособности наступает не внезапно, поэтому при достижении предельного состояния, при наступлении отказа имеется только некоторый риск появления аварийной ситуации. В последнем случае вероятность отказа на регламентированном участке межконтрольной наработки будет, очевидно, больше в силу необходимости учета для восстанавливаемых объектов вторых и последующих отказов. В соответствии с рекомендацией работы [3] для определения условного количества отказов на интервале межконтрольной наработки можно воспользоваться зависимостями:

$$Q_0 = \left\{ \frac{\beta_0}{1 - \left(\frac{\Pi_d}{\Pi_{пр}} \right)^{1/d}} \right\} \left[1 - \left(\frac{\Pi_d}{\Pi_{пр}} \right)^{1/d} \right]^{0,5} \cdot 0,5 (V^2 + 1) \quad (7)$$

при $L < X_{ост}$

$$Q_0 = 1 + \beta_0 + \left(\frac{\Pi_d}{\Pi_{пр}} \right)^{1/d} + 0,5 (V^2 + 1) \quad (8)$$

при $L > X_{ост}$

На основе выражений (3) и (8) для определения рационального допустимого отклонения параметра технического состояния при заданных β_0 ; V; Π_d ; d, составлена блок-схема алгоритма вычисления значений $\Pi_d = f(P_g)$ рис. 1 и построена номограмма рис. 2.

Используя результаты сбора и обработки статистических данных о надежности агрегатов, узлов и деталей техническое состояние которых обеспечивает безопасность движения автомобиля в конкретных условиях эксплуатации допускаемое отклонение диагностического параметра Π_d

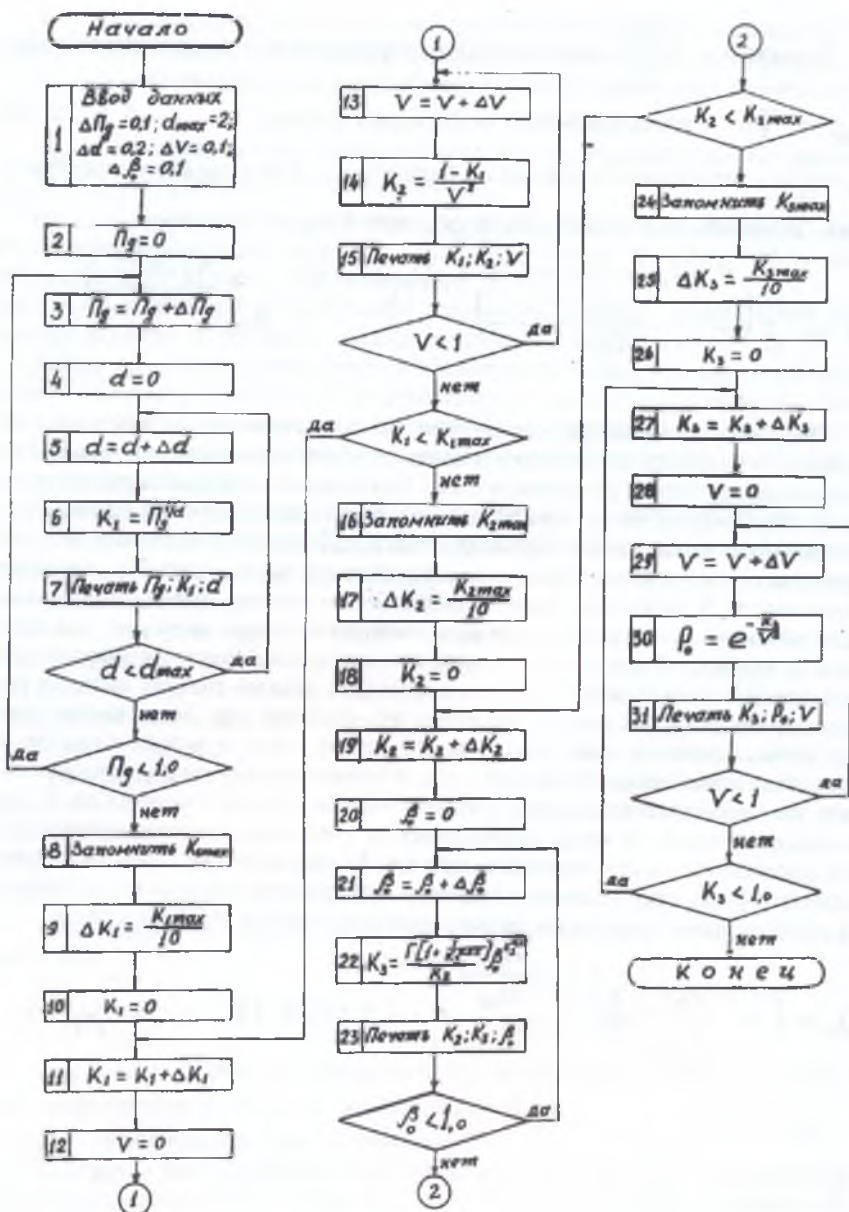


Рис. 1. Блок-схема алгоритма для построения номограммы определения допустимого значения параметра технического состояния из условия обеспечения требований его безотказности.

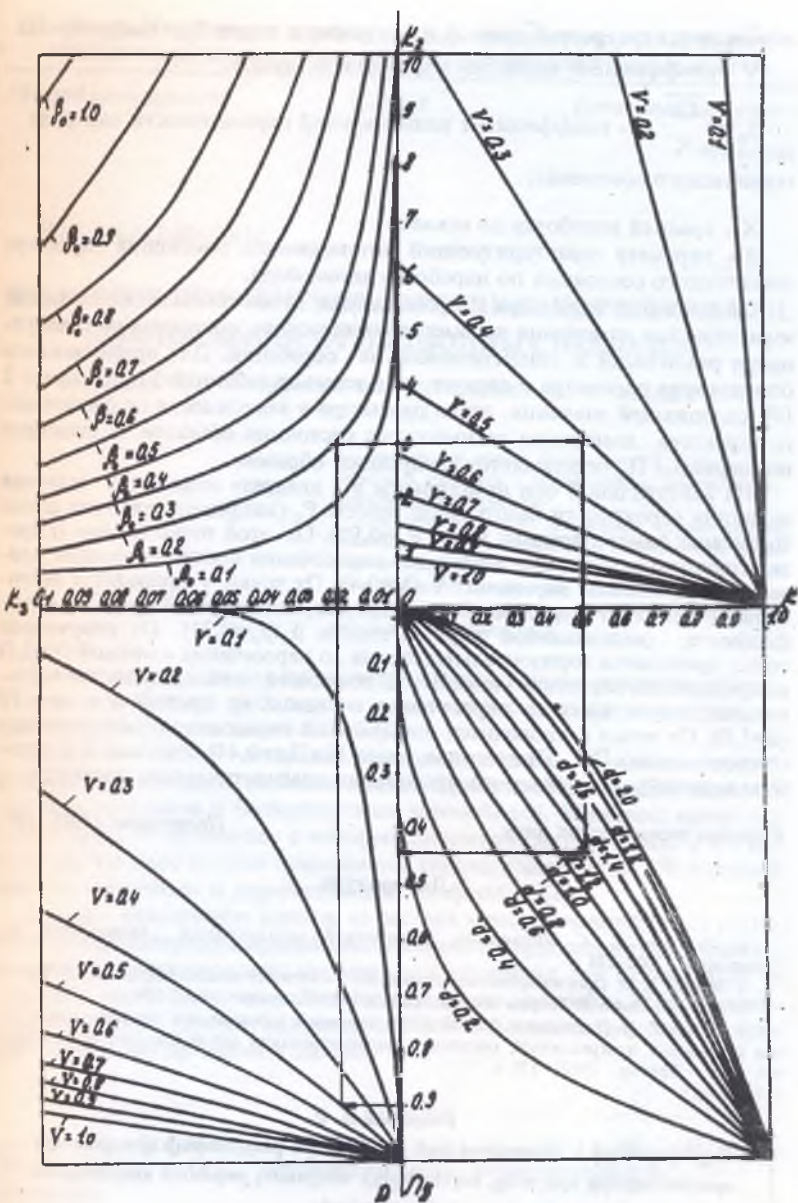


Рис. 2. Номограмма по определению рационально-допускаемого отклонения диагностического параметра из условия обеспечения уровня безотказности объектов, обеспечивающих безопасность движения автомобиля.

определяется по разработанной намограмме в ключе $P_d \rightarrow V \rightarrow \beta_o \rightarrow V \rightarrow P_d$
V - коэффициент вариации наработки до отказа;

$$\beta_o = \frac{\overline{L_d}}{X} \quad - \text{коэффициент рациональной периодичности контроля}$$

технического состояния;

X - средняя наработка до отказа

d - параметр характеризующий интенсивность изменения параметра технического состояния по наработке автомобиля.

Определение параметра d производится путем анализа фактических характеристик изменения параметра технического состояния по совокупности реализаций и статистической их обработки. Для приближенного определения параметра d следует пользоваться таблицей 3 приложения 2 [4], содержащей значение этого параметра в зависимости от физического характера изменения технического состояния объектов. С помощью номограммы P_d определяется следующим образом.

На вертикальной оси номограммы в I квадрате отмечается заданная величина вероятности безотказной работы P_d (например для хода штока тормозных камер передних колес $P_d=0,95$). От этой точки (в зоне I) проводится горизонтальная линия до пересечения соответствующим кривым коэффициента вариации V ($V=0,4$). От точки V проводится вертикальная линия до пересечения с соответствующей кривой (зона II) коэффициента рациональной периодичности β_o ($\beta_o=0,36$). От полученной точки проводится горизонтальная линия до пересечения с прямой ($V=0,4$) коэффициента вариации (зона III). С последней точки опускается вертикальная линия вниз до пересечения с одной из кривой d в зоне IV ($d=1,0$). От точки d проводится параллельная горизонтали линия до пересечения с осью P_d . Полученная точка P_d ($P_d=0,44$) показывает и искомую величину допускаемого отклонения диагностического параметра.

Кафедра технических наук

Поступила 14.05.1997

Литература

1. Кузнецов Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобилей. М.: "Транспорт", 1982-224 с.
2. Михлин В. М. Прогнозирование технического состояния машин. М.; Колос, 1976-287 с.
3. Кокс Д., Смит В. Теория восстановления.-М.: Сов. радио, 1967-299 с.
4. Балаян Р. М. Повышение безопасности перевозок пассажиров в горных условиях путем разработки прогрессивной системы диагностирования автобусов -диссертация канд. тех. наук. - Ереван, 1982 - 170 с.

Բալայան Ռ. Մ.

Ազդեցատների և մեխանիզմների ռադիոնալ և թույլատրելի դիագնոստիկ պարամետրերի որոշումը, ավտոմոբիլի անվտանգ շարժման ապահովման նպատակով

Ամփոփում

Մերժերի հասրի ֆունկցիայի գնահատման հիման վրա, հաշվի առնելով տեխնիկական պարամետրերի փոփոխման սառիսասանի բնույթը, մշակվել է ճանաչարման և ալգորիթմի բյուկ սխեմա ազդեցատների, հանգույցների և մեխանիզմների դիագնոստիկ պարամետրերի ռադիոնալ թույլատրելի շեղումների որոշման համար, որանք կազդեն ավտոմոբիլի անվտանգ շարժման վրա: