

А. В. Дунаев¹, В. Е. Тарасенко², А. А. Жешко³

¹ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

г. Москва, Российская Федерация

E-mail: Dunaev135@mail.ru

²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: trs9@yandex.ru

³РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: azeshko@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ УПРАВЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ

Аннотация. Рассмотрены особенности применения нормативных значений управляющих параметров.

Ключевые слова: трактор, параметр технического состояния, затраты на технический сервис, оптимизация.

A. V. Dunaev¹, V. E. Tarasenko², A. A. Zheshko³

¹FSBSI "Federal Scientific Agroengineering Center VIM"

Moscow, Russian Federation

E-mail: Dunaev135@mail.ru

²EI "Belarusian State Agrarian Technical University"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: trs9@yandex.ru

³RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: azeshko@gmail.com

FEATURES OF THE APPLICATION OF STANDARD VALUES OF CONTROL PARAMETERS

Abstract. The features of the application of standard values of control parameters are considered.

Keywords: tractor, technical condition parameter, technical service, costs, optimization.

Введение

Исследования по оптимизации управляющих производством показателей технико-экономическими методами велись ранее в агропромышленном комплексе (АПК) [1, 2], на автотранспорте и в других отраслях (Р. Н. Колегаев, Р. М. Петухов). Так, в работе [2] показано, что оптимальный срок службы машин определяется их наработкой, при которой затраты на техническую эксплуатацию достигают стоимости новых машин. Это условие практически соответствует минимуму суммарных издержек и затрат на техническое обслуживание (ТО) и ремонт машин.

Основная часть

В 2000–2002 гг. в авторемонтной мастерской № 1 автотранспортного СП ГОК «Эрдэнэт» на карьерных 110-тонных автосамосвалах БелАЗ-7512 был апробирован простой и вполне достойный метод, по которому оптимальный срок списания автосамосвалов определяется тем периодом их эксплуатации, при котором суммарные затраты на ремонт и устранение неисправностей машин (или хотя бы стоимость использованных запасных частей) становятся равными сто-

имости новой машины. Так, было выявлено, что для автосамосвалов БелАЗ-7512 стоимость перевозок ими руды с 0,25–0,30 долл. США/т·км в начале эксплуатации через 4–6 лет снижалась до 0,07–0,0604 долл. США/т·км с последующим резким ухудшением технического состояния машин, снижением производительности, повышенными простоями и затратами на ремонт, когда стоимость затрат на ремонт, по данным склада основных фондов АРМ-1, достигала или несколько превышала стоимость автосамосвалов – около 520 тыс. долл. США (рис. 1).

В исследованиях [3] рассмотрены подобные подходы к оптимизации некоторых параметров технической эксплуатации машинно-тракторного парка (МТП). Принято, что суммарные вероятные удельные эксплуатационные издержки C на техническую эксплуатацию должны быть меньше удельных издержек на ремонт в момент контроля:

$$\frac{C}{T} \geq \frac{AQ(t, t_M)}{T_{cp}} + \frac{C[1-Q(t, t_M)]}{T_{cp}}, \quad (1)$$

где A и C – предполагаемые, ориентировочные показатели затрат на устранение последствий отказа элементов в эксплуатации и для предотвращения отказов соответственно; Q – неизвестная величина вероятности отказа элемента (объекта исследования) в эксплуатации после проведения ремонтно-обслуживающих работ; T_{cp} – неизвестный средний фактический ресурс объекта исследований; t_M – межконтрольный период.

Такой подход резко упрощает некоторые приемы управления технической эксплуатацией машин и оборудования. Существуют также и другие технико-экономические критерии для оптимизации управления техническим сервисом машин, когда задают:

- допускаемые, предельные издержки на эксплуатацию машины и прекращают ее эксплуатацию, списывают или ремонтируют ее, предотвращая тем самым рост издержек на сервис машины;
- предельные суммарные или удельные издержки на техническое обслуживание и ремонт (ТОР);
- требуемую прибыль от эксплуатации машины, рентабельность ее использования.

Эти критерии применяют индивидуально для разных производственных условий, когда оптимальной может быть первая стратегия ТОР по потребности при отказах, вторая – по наработке независимо от состояния объекта контроля, третья – по потребности в соответствии с результатами диагностирования. Однако все эти критерии содержат критерий минимума суммарных

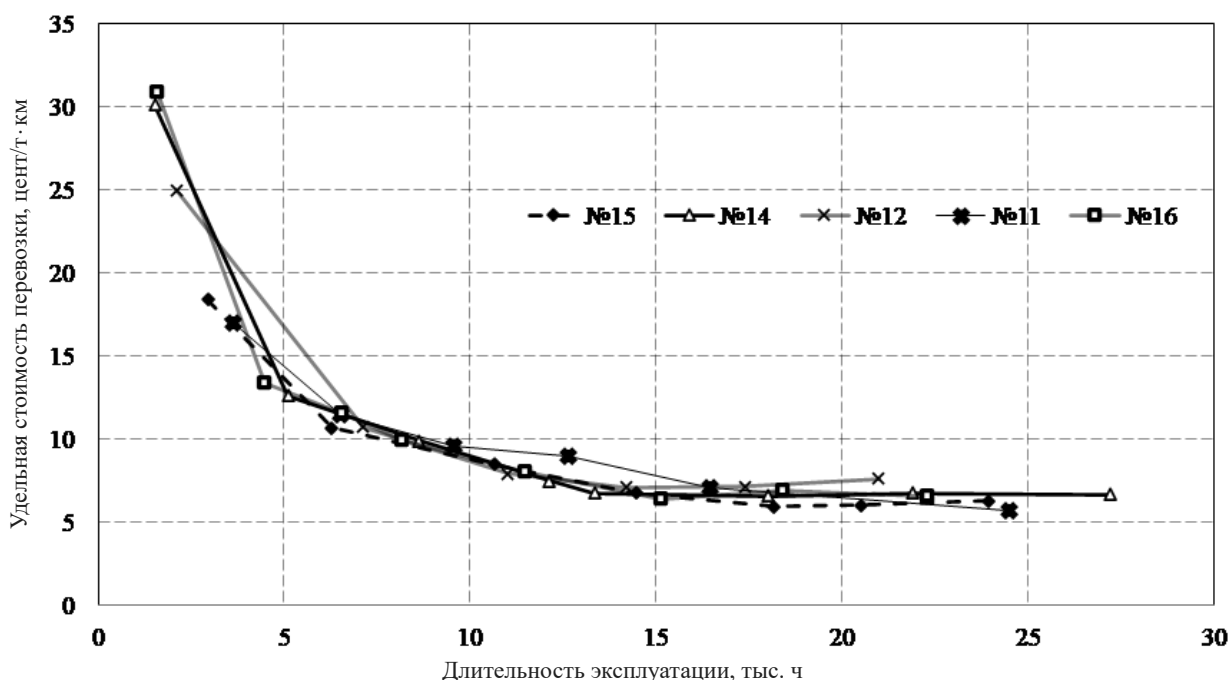


Рис. 1. Изменение удельной стоимости единицы работы автомобилей БелАЗ-7512 по времени эксплуатации этих машин для определения срока их списания: учтены первоначальная стоимость автомобилей и затраты на их ремонт; оптимальный срок службы машин неодинаков и оказался в пределах 18–24 тыс. ч (4–6 лет)

издержек и затрат на ТОР или же прямо либо косвенно сводятся к минимуму себестоимости единицы наработки (продукции) машины с учетом потерь и издержек на ее техническую эксплуатацию, которые и являются объектом оптимизации в ТОР.

Следует вспомнить, что многие допускаемые и предельные значения диагностических параметров сельскохозяйственных тракторов СССР обосновывались эмпирически в 1960–80-е гг. для техники тех времен. А для современной техники они требуют обновления. Однако предпосылок к такой работе почти нет: в Минсельхозе РФ управление техническим состоянием МТП предано забвению. В то же время распространение бортовых систем диагностики может частично решить эту проблему [4].

Для бесприборного диагностирования цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания (ЦПГ ДВС) и обоснования момента ее ремонта до сих пор корректно не обосновано предельное значение относительной (к расходу топлива) величины угара моторных масел. На наш взгляд, исторически сложившаяся оценка отношения расхода масла на угар к расходу топлива не совсем корректна. Повышение угара масла – только одно из следствий износа ЦПГ, что проявляется и в снижении производительности машины, и в повышении расхода топлива. А восстановление мощностных и топливно-экономических параметров требует текущего или капитального ремонта ДВС. Потребность в ремонте ЦПГ ДВС, как показано выше, правильнее определять из соотношения стоимости ремонта к потерям от пониженной производительности машины, от перерасхода топлива и масла за межремонтный период:

$$T_{\text{экспл}} = (C_{\text{топл}} + C_{\text{м}} + C_{\text{Ne}}) \leq (C_{\text{рем}}), \quad (2)$$

где $C_{\text{топл}}$, $C_{\text{м}}$ – дополнительные эксплуатационные затраты на сверхнормативный расход топлива и моторного масла соответственно за сезон эксплуатации $T_{\text{экспл}}$ ко времени оценки состояния машины, руб.; C_{Ne} – эксплуатационные потери от снижения производительности машины за тот же период, руб.; $C_{\text{рем}}$ – стоимость замены ЦПГ ДВС, руб.

И чем ощутимее все потери, тем при меньшем, определяемом в конкретных условиях значении угара масла целесообразно ставить мотор на ремонт. Конечно, конкретный срок службы масел до замены следует определять по комплексу фактических рабочих показателей масла и по состоянию ДВС. А при браковочном значении любого показателя масла оно подлежит безусловной смене.

Из изложенного следует, что для обоснования основных работ технического сервиса в АПК нужны апробированные многолетней практикой простые оперативные рекомендации. Например, бывшим аспирантом ГОСНИТИ профессором В. А. Ушановым [5] предложена система интегральной оценки изношенности машины и отдельных ее агрегатов, на основе которой оптимизируется содержание ремонтных работ в реальных условиях предприятий АПК. Приведена методика расчета величин этих оценок для назначения полнокомплектного ремонта машины или замены отдельных ее агрегатов при текущем ремонте новыми или капитально отремонтированными. К этому разработана диаграмма предельных изношенностей машин для оптимизации состава ремонтных работ с разными их содержанием и стоимостью. Рекомендации для назначения таких работ зависят от возможностей сервисных производств.

Оценка изношенности машины или агрегата [5] проводится по результатам ресурсного их диагностирования при ТО-3 или при отказе агрегатов по величине средневзвешенного показателя изношенности

$$R_{i\Sigma} = \sum \gamma_i T_{\text{ост}i} / T_{0i}, \quad (3)$$

где $R_{i\Sigma}$ – степень изношенности, например, трактора, как сумма средневзвешенных нормированных остаточных ресурсов $(T_{\text{ост}i} / T_{0i})$ его базовых агрегатов; γ_i – коэффициент весомости агрегата (элемента) в технико-экономическом балансе трактора, учитывающий экономику последствий ресурсного отказа агрегата; значения γ_i устанавливаются расчетным путем:

$$\gamma_i = S_i / \sum_{i=1}^n S_i. \quad (4)$$

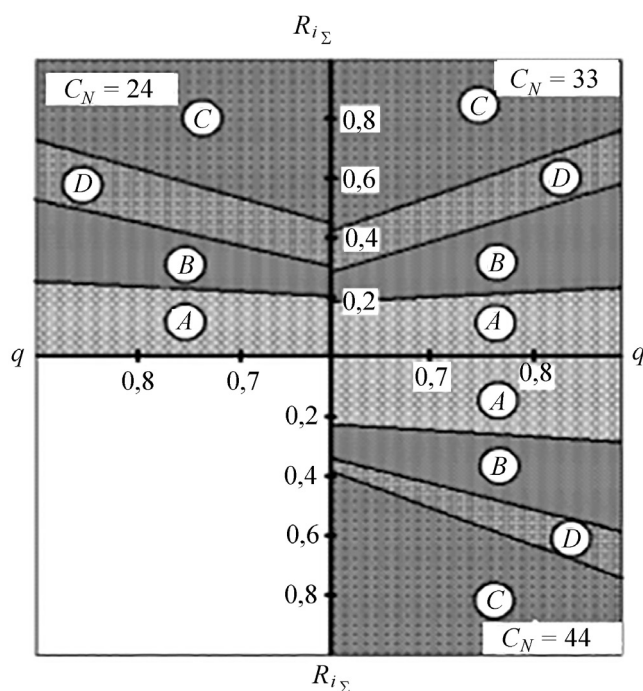


Рис. 2. Области (A–D) предельных значений изношенности тракторов с соответствующими рекомендациями по назначению ремонтных работ

Примерные значения коэффициентов γ_i при $\sum_{i=1}^n \gamma_i = 1$ приведены в [5]; здесь S_i – балансовая стоимость i -го агрегата трактора и затраты на его обслуживание за номинальный срок службы; $\sum_{i=1}^n S_i$ – суммарная стоимость агрегатов и затраты на их обслуживание в доремонтный период; $T_{ост\ i}$ – остаточный ресурс i -го агрегата (элемента) трактора; T_0 – исходный ресурс нового агрегата (элемента) трактора; n – количество агрегатов (принимают 4–5, наиболее полно представляющих трактор как систему), учитываемых при оценке изношенности трактора.

После определения остаточных $T_{ост\ i}$ и номинальных T_0 ресурсов основных агрегатов трактора с учетом весовых коэффициентов γ_i каждого агрегата по выражению (3) рассчитывают средневзвешенный нормированный показатель изношенности трактора $R_{i\Sigma}$. А численные значения изношенности $R_{i\Sigma}$, q и C_N являются входом в диаграмму предельных значений изношенности трактора (рис. 2). Здесь q – степень восстановления эксплуатационного ресурса агрегатов трактора при их капитальном ремонте в конкретных его условиях ($q = 0,6 \dots 0,8 \dots 1,0$); C_N – показатель риска потери продукции при простое трактора в полевых работах ($C_N = 24$ – при низкой, $C_N = 33$ – при средней и $C_N = 44$ – при высокой урожайности).

Если расчетное значение $R_{i\Sigma}$ находится в области A диаграммы, то наиболее эффективен полнокомплектный ремонт трактора. В остальных случаях целесообразны текущие ремонты. Так, если $R_{i\Sigma}$ соответствует области B, то текущий ремонт целесообразно осуществлять капитально отремонтированными агрегатами; если области D, то текущий ремонт целесообразен как капитально отремонтированными, так и новыми агрегатами; если области C, то текущий ремонт трактора целесообразен только новыми агрегатами.

Заключение

В публикациях распространяется феноменальное опасное заблуждение, что уточнение величин допускаемых значений диагностических параметров, контролируемых в доремонтном и послеремонтном периодах эксплуатации машин, повышает их надежность и уменьшает вероятность отказов. Только даже при превышении предельных значений диагностических параметров по износу узлов трения с «параметрическими отказами» нарушения работоспособности машин

(отказа) не наступает. Действительные же отказы из-за развития скрытых, неконтролируемых дефектов деталей, полностью нарушающие работоспособность машин, – внезапные, непрогнозируемые, неуправляемые, по ним невозможна никакая оптимизация диагностических параметров. Постепенное ухудшение работоспособности машин и время наступления действительных отказов обусловлены лишь скоростью развития дефектов деталей, что зависит от технического совершенства машин, от условий и режимов их эксплуатации, от качества их технического сервиса, которое можно повысить нетрадиционной триботехникой. Такова всемирная историческая практика, и противоречить ей можно лишь при абсолютном кабинетном отрыве от нее в [6–8].

Допускаемые и предельные значения износных диагностических параметров для «параметрических отказов» следует уточнять исходя из приближения суммы издержек и потерь от ухудшения работоспособности машин к стоимости их ремонтно-обслуживающего воздействия. Допускаемые же значения характеристик деталей, годных для ремонта, определены конструктивными требованиями к узлам, агрегатам и утверждены в установленном порядке в соответствующей научно-технической документации на техническую эксплуатацию МТП в СССР.

В целом все вышеизложенное показывает большие трудности и ограниченность кабинетного [3, 6–8] подхода к управлению надежностью машин и необходимость разработки современных рекомендаций по проведению ТОР с учетом новейших машин и все большего использования в них встроенных систем контроля и диагностики. Некоторые подвижки в разработке реальных приемов оптимизации работ ТОР показаны в современной редакции ГОСТ 20793.

Важнейшей задачей в рассмотренном аспекте является уточнение предельных значений диагностических и структурных параметров узлов трения. Необходимо разработать рекомендации по контролю развития внезапных отказов по качественным признакам и некоторым контролируемым показателям. Таким образом, нормативы показателей технической эксплуатации МТП АПК требуют уточнения, но не по непрактичным кабинетным теориям [6–8], а на основе контроля технико-экономических показателей эксплуатации и сервиса МТП по традиционной бухгалтерской отчетности предприятий. Это проще, достовернее и не обобщенно, а индивидуально для каждой машины.

Список использованных источников

1. Селиванов, А. И. Основы теории старения машин / А. И. Селиванов. – М. : Изд-во Машиностроение, 1964. – 404 с.
2. Дунаев, А. В. Исследование диагностических параметров, разработка методов и средств их контроля для совершенствования диагностирования и технического обслуживания МТП АПК / А. В. Дунаев, С. А. Соловьев. – М. : ГОСНИТИ, 2014. – 359 с.
3. Михлин, В. М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В. М. Михлин. – М. : Колос, 1984. – 336 с.
4. Диагностика и техническое обслуживание машин : учебник / А. Д. Ананьин [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский центр «Академия», 2015. – 416 с.
5. Ушанов, В. А. Практическое использование результатов оптимизации параметров системы ТОР для повышения эффективности эксплуатации машин / В. А. Ушанов // Труды Красноярского государственного аграрного университета. – Красноярск, 1995. – С. 5–6.
6. Денисов, В. А. Обеспечение безотказной работы деталей машин с использованием новой системы переменных допусков / В. А. Денисов, А. А. Соломашкин // Инженерные технологии и системы. – 2020. – Т. 30, № 1. – С. 76–91.
7. Стратегии технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин / А. С. Дорохов [и др.] // Технический сервис машин. – 2020. – № 3 (140). – С. 38–48.
8. Черноиванов, В. И. Способ определения остаточного ресурса деталей машин / В. И. Черноиванов, В. А. Денисов, А. А. Соломашкин // Технический сервис машин. – 2020. – № 1 (138). – С. 50–57.