

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 621.892:621.43

К обоснованию параметров управления технической эксплуатацией МТП АПК

Дунаев А.В., Ломовских А.Е., Родионов Ю.В., Скоморохова А.И.

Аннотация. В статье уточняется подход к обоснованию нормативных значений диагностических параметров тракторов. В ходе выполнения исследования проведен анализ известных решений и НТД по теме с 1960 г. Показано, что нормативные значения диагностических параметров деталей, сопряжений, узлов, агрегатов машин, оптимальные сроки их службы важны для рациональной организации технического сервиса, а оптимизация этих показателей весьма актуальна для инженерной службы АПК. Однако в настоящее время нет апробированных научно-технических решений, несмотря на то, что главный технико-экономический подход к их обоснованию известен с 1925 г. – по минимуму прямых и косвенных суммарных удельных затрат и издержек на технический сервис. С таким подходом наработки ученых АПК и автотранспорта известны, а наиболее широко они выполнены проф. Михлиным В.М. Однако, обоснование им допускаемых значений диагностических параметров сельскохозяйственных тракторов абстрактное, трудоемкое и нигде не реализованное. Учитывались лишь постепенные параметрические диагностические параметры без механических отказов, а реальные остались вне внимания. Преувеличено влияние допускаемых величин параметров на надежность и ресурс объектов контроля. В работе предложено оптимизировать величины параметров по условию достижения затрат на технический сервис конкретного объекта по бухгалтерии к стоимости нового объекта.

Ключевые слова: параметр технического состояния, допускаемое и предельное значения, технико-экономическое обоснование, затраты на технический сервис.

Для цитирования: Дунаев А.В., Ломовских А.Е., Родионов Ю.В., Скоморохова А.И. К обоснованию параметров управления технической эксплуатацией МТП АПК // Инновационная техника и технология. 2021. Т. 8. № 4. С. 38–47.

Research of water-diesel mixture prepared in a dynamic device for automotive technology

Dunaev A.V., Lomovskikh A.E., Rodionov D.Yu., Skomorokhova A.I.

Abstract. The article clarifies the approach to substantiating the standard values of the diagnostic parameters of tractors. In the course of the study, the analysis of known solutions and NTD on the topic since 1960 was carried out. It is shown that the standard values of the diagnostic parameters of parts, interfaces, units, machine assemblies, their optimal service life are important for the rational organization of technical service, and the optimization of these indicators is very important for engineering service of the agro-industrial complex. However, at present there are no approved scientific and technical solutions, despite the fact that the main technical and economic approach to their substantiation has been known since 1925 - at a minimum of direct and indirect total unit costs and costs of technical service. With this approach, the developments of scientists of the agro-industrial complex and vehicles are known, and most widely they are carried out by prof. Mikhlin V.M. However, his justification of the admissible values of the diagnostic parameters of agricultural tractors is abstract, laborious and not implemented anywhere. Only gradual parametric diagnostic parameters were taken into

account without mechanical failures, while the real ones were left out of attention. The influence of the admissible values of the parameters on the reliability and service life of the controlled objects has been exaggerated. The paper proposes to optimize the values of the parameters according to the condition of reaching the cost of technical service of a particular object in accounting to the cost of a new object.

Keywords: technical condition parameter, permissible and limiting values, feasibility study, technical service costs.

For citation: Dunaev A.V., Lomovskikh A.E., Rodionov D.Yu., Skomorokhova A.I. Research of water-diesel mixture prepared in a dynamic device for automotive technology. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2021. Vol. 8. No. 4. pp. 38–47. (In Russ.).

Введение

Машинно-тракторный парк (МТП) агропромышленного комплекса (АПК) многих стран включает до сотен тысяч тракторов, десятки тысяч самоходных комбайнов, сотни тысяч иных машин и орудий. Так в АПК РФ содержится около 450 тыс. тракторов, более 70 тыс. зерноуборочных комбайнов при обеспеченности их в АПК на 35-60%. Но заметную их долю составляют машины со сроком службы более 10 лет. Аналогично положение и по машинам и оборудованию в животноводстве.

Списание техники АПК в РФ превосходило её обновление. МТП АПК РФ ослаблен количественно и качественно, преобладает техника за пределами амортизации. Увеличены затраты на ремонт МТП, составляющие, не менее 50 млрд. руб. в год, ежегодно ремонтируется 50-55 % тракторов. Перед владельцами техники стоит задача сохранения МТП своими силами и бережного его использования. Это требует четкой работы инженерной службы предприятий АПК.

Согласно [1] и ГОСТ 20793 в технической эксплуатации тракторов рекомендуется система плановых технических обслуживаний ТО-1, ТО-2, ТО-3 и ТО перед исчерпанием их эксплуатационного ресурса с определением остаточного ресурса агрегатов. В современных самоходных машинах периодичность ТО включает 50, 100, 250, 500, 1000 и 2000 мото-ч. В стандартной НТД и в ГОСТ РФ предусмотрены текущие и капитальные ремонты тракторов, текущие ремонты остального парка машин. При плановых ТО машин обязательны очистительные, смазочно-заправочные и простые регулировочные работы. А сложные регулировки рекомендуется проводить по потребности согласно результатам диагностирования.

Однако в реальной эксплуатации ТО машин совмещается с текущим ремонтом, особенно при устранении тяжелых отказов, должное диагностирование машин проводится редко, а дилерский сервис современных машин содержит периодичность и номенклатуру сервисных работ с учетом данных бортовой системы контроля.

Порядок проведения ТО тракторов часто на-

рушается, их ремонты проводят в основном в осенне-зимний период. Конечно, участвовавшие реальные отказы старой техники с её остановкой вынуждают их устранять вне плана. Поэтому и в 80-е гг. диагносты АПК СССР в основном работали по выявлению и устранению причин внезапных, не прогнозируемых отказов, а также по несложному текущему ремонту машин с заменой форсунок, ремней и других возимых ими простых деталей.

Вопросы оптимальной организации технического сервиса МТП АПК актуальны и ныне. А исторически оптимизация нормативов в технической эксплуатации МТП АПК начата оптимизацией срока службы объектов контроля технико-экономическим методом, при котором их эксплуатацию заканчивают тогда, когда наступает минимум суммарных удельных затрат и издержек на их технический сервис.

Глубоко технико-экономический метод оптимизации показателей технической эксплуатации машин с 70-х гг. был развит в ГОСНИТИ проф. Михлиным В.М. [2], доведен им до универсального использования по номограммам, таблицам, что получило признание также в Венгрии и в ГДР.

Основная задача управления надежностью техники заключается в обеспечении наиболее полного использования ее ресурса при приемлемом уровне надежности. При этом прогнозирование изменения постепенно ухудшающихся диагностических параметров с параметрическими отказами как раз и позволяет полнее реализовать заложенный ресурс и эффективность работы объектов контроля. Полнее это достигается при проведении с диагностированием качественного ТО. Все это глубоко и разносторонне исследовано в работах проф. Михлина В.М. [2].

В первом разделе [2] рассмотрены общие вопросы надежности и диагностирования, во втором углубленно разрешались проблемы прогнозирования и оптимизации показателей, постепенных, параметрических отказов: безотказности, остаточного и полного ресурса элементов; допускаемых значений диагностических и структурных параметров элементов; замыкающего звена размерной конструкторской цепи механизма; вероятности

правильного диагностирования; оптимизации периодичности диагностирования; особенности разработки тех. требований на ремонт деталей и сопряжений. В третьем разделе [2] предложены приемы решения некоторых проблем в организации управления состоянием машин по результатам их диагностирования.

Конечно, первый глубокий [2] подход к оптимизации нормативов в технической эксплуатации МТП АПК не мог быть идеальным, особенно по разнообразию факторов технической эксплуатации, вида отказов и неисправностей машин. Так вне внимания остались внезапные механические аварийные отказы.

Известно, что главные, по 1-й группе, отказы (разрушения, деформации, прогары, прорывы газов, жидкостей, заклинивание с прекращением работы узла, агрегата, машины) являются внезапными, не прогнозируемыми, не управляемыми. Они возникают из-за развития скрытых неконтролируемых непрогнозируемых дефектов. Отсюда обоснование и оптимизация нормативов их контроля пока не осуществима. Все же известны и приближенные реальные решения вопросов технического сервиса МТП АПК [3]. А по постепенным диагностическим параметрам в иных отраслях имеется и трехступенчатая система их нормативных величин [4].

Следует учитывать и то, что контроль и воздействие на регулируемые при ТО параметры не дают оснований задавать по ним остаточный ресурс. Нельзя считать отказами замены масел, смазок, жидкостей, фильтров, регулировки механизмов, являющихся естественными процессами функционирования объектов, заданные их конструированием и предусмотренные инструкциями по их эксплуатации.

Как известно, многие допускаемые и предельные значения диагностических параметров с.-х. тракторов СССР обосновывались эмпирически в 60-80-е гг. для техники тех времен. А для современной техники они требуют нового обоснования. Но 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.

Работа [2], как первая глубокая разработка рекомендаций по управлению надежностью сельхозтехники (и не только) естественно могла оперировать только с прогнозируемыми, постепенными, параметрическими отказами, не приводящими к внезапным механическим аварийным отказам, но с постепенным ухудшением функционирования узлов, агрегатов, машин. Поэтому вынужденно было принято, что износ деталей, узлов, агрегатов приводит к их прогнозируемым, условным, параметрическим отказам, которые можно предотвращать при ТО и ремонте агрегатов.

Конечно, подспудно, со скрытыми разъяснениями у проф. Михлина В.М. имелось то, что

при превышении даже предельных значений диагностических параметров отказов деталей, узлов с прекращением работы агрегатов не происходит, естественно, не происходят они и при превышении допускаемых значений параметров.

Ухудшение функционирования деталей, узлов, агрегатов с их изнашиванием (снижение мощности, повышение расхода топливо-смазочных материалов, электроэнергии, снижение качества работ) квалифицируют «параметрическими отказами» без потери работоспособности агрегатов и самих машин. Именно поэтому изначально проф. Михлин В.М. и делал в своих обоснованиях малозаметную, мало кем учтенную, но принципиально важную, оговорку, что после превышения даже предельных значений диагностических параметров «объекты контроля дорабатывают до ТО или до планового ремонта». Таким образом, «прозрачного» решения оптимизации диагностических параметров в пионерной работе [7] нет, а реальные отказы - вне внимания. А последователи [5, 6, 7] только усугубляют такое положение.

Практикам ясно, что какая-либо оптимизация допускаемых значений по «постепенным» контролируемым в [7] показателям не повышает ни ресурса, ни надежности машин, особенно по главным, непрогнозируемым отказам. Отказ даже по параметрическим диагностическим параметрам возникает независимо от величин их допускаемых значений, лишь при предельных значениях. И это обусловлено только интенсивностью ухудшения состояния элементов машин, зависящей от их конструкции, условий и режимов эксплуатации, качества ТО. Поэтому оптимизация допускаемых значений для параметрических отказов не влияет ни на ресурс, ни надежность работы машин, т.к. с такими отказами объекты контроля дорабатывают до планового ТО или ремонта. А допускаемые значения диагностических параметров служат лишь для расчета (3) остаточного ресурса, подлежащего уточнению практикой. Поэтому работы [5, 6, 7] бесперспективны.

Необходимо акцентировать и такую важную задачу, как уточнение, в первую очередь, не допускаемых, а предельных значений диагностических и структурных параметров. До сих пор нет рекомендаций службам ТО по контролю развития и предупреждению возможных внезапных отказов по качественным признакам и некоторым контролируемым показателям. А знание соотношения между псевдоотказами и внезапными аварийными, тяжести тех и других позволит точнее оптимизировать подходы к организации технического сервиса МТП АПК.

Цель исследования заключается в уточнении значимости допускаемых предельных значений и номенклатуры диагностических параметров сельскохозяйственных тракторов.

Объекты и методы исследований

Объект исследования – одношнековый экструдер, оснащенный двумя вакуумными камерами.

Результаты и их обсуждение

Для оптимального проведения технической эксплуатации важны точное определение номенклатуры параметров технического состояния деталей, узлов и агрегатов машин, их допускаемых и предельных значений, периодичности контроля, методика определения остаточного ресурса агрегатов и назначения им срока и объема ремонтных работ. В этом отношении в 70-80-х гг. преобладали наработки проф. Михлина В.М. [2]. Но, к сожалению, им присуща академическая абстрактность и отрыв от реальной практики технической эксплуатации МТП АПК.

Показателем сложности академического подхода к оптимизации управления надежностью машин в [2] является, например, абстрактные целевые функции совместной оптимизации допускаемого значения D_0 диагностического параметра и межконтрольной наработки t_m по универсальному экономическому критерию – минимуму суммарных удельных затрат и потерь G на единицу наработки машины (1):

$$G = \min \left\{ \frac{Q(D_0, t_m) A}{T_0(D_0, t_m)} + \frac{[1 - Q(D_0, t_m)] C}{T_0(D_0, t_m)} + \frac{K_n(D_0, t_m) B}{T_0(D_0, t_m)} \right\} \quad (1)$$

а также остаточного ресурса $t_{ост}$ агрегатов перед ремонтом:

$$G(t_{ост}) = \min \left\{ \frac{AQ(t_{ост})}{T_{cp}} + \frac{C[1 - Q(t_{ост})]}{T_{cp}} \right\} \quad (2)$$

где Q – неизвестная вероятность отказа элемента (объекта исследования) в эксплуатации после проведения ремонтно-обслуживающих работ; A и C – ориентировочные затраты на устранение последствий отказа элемента в эксплуатации, на предупреждение отказа превентивным ремонтом; T_0 , T_{cp} – неизвестные фактические ресурсы объекта исследований; K_n – среднее число проверок элементов до замены или отказа за срок его службы; B – примерные издержки на каждое диагностирование.

В формулах (1), (2) предусмотрены разовые затраты на превентивный, на вынужденный после отказа ремонт объекта контроля за полный срок его службы. Однако предупредительный ремонт противоречит стратегии технического сервиса для наиболее полного использования всего (и остаточного) эксплуатационного ресурса объекта, когда ремонт проводят по потребности по результатам диагностирования с определением остаточного ресурса.

Ремонт до неполного исчерпания остаточного ресурса вынужденно проводят в осенне-зимний период, а в период полевых работ предупредительных ремонтов нет, в них ремонт проводят только при аварийном отказе с остановкой техники.

Кроме того, по прогнозируемым, постепенным параметрическим отказам проф. Михлин В.М. все же считал, что даже после достижения предельных величин диагностических параметров объекты контроля «дорабатывают до исчерпания ресурса и тем самым увеличивают его на Δ ». Поэтому в формулах (1)-(2) не корректно использовать вероятность параметрических отказов и предварительные затраты на их предупреждение, если объекты контроля без остановки дорабатывают до окончания межконтрольного периода, до планового ремонта или ТО. Проф. Михлиным В.М. [2] сделано и несколько других расширенных оговорок и учет того, что по параметрическим отказам реальные механические аварийные отказы с остановкой машин на ремонт не происходят.

Формулы (1)-(2) оперируют только с прогнозируемыми износными постепенными параметрическими «отказами», а не с фактическими отказами с потерей работоспособности и остановкой машин на ремонт. Т.е. в этих формулах и в их подобных учитываются псевдоотказы, а реальные отказы с тяжелыми последствиями остались вне внимания. Таким образом, прием, реализованный в формулах (1)-(2), скорее имеет лишь исторический аспект.

По подобным расширенным выражениям в [2] оптимизируются и другие параметры, управляющие надежностью машин с учетом дискретных, непрерывных издержек и потерь при ТО и ремонте машин по сложным, весьма трудно реализуемым формулам, практически не нашедших реального применения. Для реализации формул (1)-(2) требуется длительный и трудоемкий сбор данных по отказам, затратам на их устранение, по реальному ресурсу агрегатов, что практически не выполнимо. Изложенные в [2] методы оптимизации реализованы и в компьютерной «Комплексной программе ТУРБО-НЭК оптимизации управляющих в технической эксплуатации нормативных значений её показателей», для которой также требуется ввод более десятка технико-экономических величин, определение которых крайне сложно или невозможно.

Остаточный ресурс $t_{ост}$ детали, сопряжения, узла, агрегата предложено в [2] вычислять из геометрических соотношений параметров кривой изнашивания ($t_{теор}/t_{контр} = u_p/u(t)$):

$$t_{ост} = t_{контр} \left[\left(\frac{u_p}{u(t)} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right] \quad (3)$$

где $t_{контр}$ – наработка в момент контроля с измеренным при этом значением $u(t)$ диагностического параметра; u_p – предельное значение диагностического параметра при достижении предельной

наработки теор; α – показатель степени динамики диагностического параметра: $\alpha < 1$ при затухающей динамике, $\alpha \approx 1$ при равномерном изнашивании в легких сопряжениях, $\alpha > 1$ при прогрессирующей динамике показателей.

Обратимся к реальным явлениям в эксплуатации машин и оборудования. Так отказ – это полное нарушение работоспособности детали, сборочной единицы, узла, агрегата с остановкой машины. При этом отказы по структурным, ресурсопределяющим параметрам восстанавливают ремонтом, а ухудшение функциональных параметров устраняют техническим обслуживанием.

Но при описанном в [2] диагностировании контролируют только проявление постепенных «износных», «параметрических» отказов. А реальные же, тяжелые отказы с полным нарушением работы узла, агрегата, машины из-за развития скрытых, неконтролируемых дефектов по неуправляемым параметрам возникают внезапно. Поэтому диагносты АПК на 2/3 летом и 1/3 зимой вели заявочное диагностирование, поиск и устранение причин тяжелых отказов, вызывавших остановку машин [2].

Еще важный аспект проблемы: в [2, стр. 143] завышено представление оптимальной величины допускаемого диагностического параметра по параметрическим отказам, как управляющего, что оно якобы обеспечивает максимальную эффективность эксплуатации и ремонта «по выбранному критерию». Но это не правомерно и не подтверждено всей практикой ТО и ремонта машин в АПК, в иных отраслях. Фактическое управление надежностью машин по ресурсным параметрам проводится лишь своевременным текущим или капитальным ремонтами при исчерпании остаточного ресурса объекта контроля или после внезапного отказа, а допускаемые значения параметра используют лишь для прогноза момента времени ремонта (тост). Конечно, роль допускаемого значения для регулируемых, не ресурсных параметров не у малеется, но оно не гегемон. А обоснование предельных показателей состояния более важно, чем их допускаемых величин.

Все изложенное накладывает большие сомнения на достоверность многих в [2] рекомендаций.

Следует также определиться: нужно ли считать отказами регламентированные разработчиками и изготовителями машин операции по смене масел и смазок, охлаждающих жидкостей, регулировки механизмов, смену воздушных, масляных и топливных фильтров. Согласятся ли разработчики и изготовители машин, что скрупулезно, с периодичностью 50, 100, 250, 500, 1000 и 2000 ч или мото-ч, регламентированные ими ремонтно-обслуживающие работы, как естественные элементы функционирования машин, нужно считать отказами. Согласятся ли они и с тем, что рекомендованный ими по исчерпанию расчетного эксплуатационного ресурса ремонт (текущий, средний, капитальный) нужно считать отказом? Ведь реальным отказом считают

только полное нарушение работоспособности объектов контроля с отправкой их в ремонт.

В [8, т. 18, с. 615] и [2] даны такие определения отказов: «Отказ – это событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта». Такое описание не дает четкого понимания отказа. Обычное понимание отказа – полное прекращение функционирования объекта.

«В большинстве случаев оно выражается в достижении параметром состояния, определяющего работоспособность, предельной величины, установленной нормативно-технической документацией». Представлено не состояние полной неработоспособности, а некое условное, неопределенное. Нарушение работоспособности может быть частичным и полным.

Далее в [2]: «Отказы элементов могут быть постепенными и внезапными. Постепенные отказы характеризуются плавным изменением одного или нескольких параметров состояния элемента до предельного значения Пп». Использование термина «постепенный отказ» условно и спорно

«Внезапные отказы вызываются скачкообразным (не технично) изменением параметров состояния до предельного значения». Внезапные отказы вызываются завершением развития неконтролируемых, не прогнозируемых имеющимися методами и средствами, скрытых дефектов деталей, сопряжений. Это развитие завершается разрушением и проявлением других явных дефектов, полностью нарушающих функционирование деталей, сопряжений, узлов, агрегатов и даже целиком машин. Поэтому говорить о «скачкообразном» изменении неизвестных, не измеряемых, неконтролируемых параметров – не корректно.

В [2] далее: «В процессе технического обслуживания машин обычно измеряют параметры состояния, обуславливающие постепенные отказы. Это относится к таким параметрам, как расход картерных газов, эффективная мощность и расход топлива, тепловой зазор механизма распределения, подача масляного насоса, износ подшипников, шестерен, звездочек, гусеничной и втулочно-роликовой цепей и т.д.». В постепенные отказы включены и постепенное ухудшение функционирования узлов, агрегатов, постепенное нарастание износов, разрегулировок, что технико-экономически должно учитываться по-разному.

По СТ ИСО 2382/14-78 отказ – это утрата функциональным блоком возможности выполнять требуемые функции. По СТ МЭК 271-74 отказ – это потеря изделием свойства выполнять требуемую функцию.

Имеются определения отказов зависимых, не зависимых, вследствие внутренних дефектов, от нарушения условий эксплуатации, от перегрузки и т.п. Так по ГОСТ 27.002 критерий отказа – признак или совокупность признаков неработоспособного состояния объекта, установленные в НТД или в конструкторской документации.

По ГОСТ 27.004-75 отказ технологической системы по затратам - это отказ, в результате которого значение хотя бы одного параметра материальных или стоимостных затрат не соответствует значениям, установленным в технической документации. Аналогичны в этом стандарте определения отказов по параметрам продукции, по производительности технологической системы.

В [2] мало внимания уделено неисправностям. В [8, т. 17, с. 412] связанное с отказом дано определение неисправности «как возникающего вследствие повреждения или отказа, который приводит устройство в неработоспособное состояние, когда хотя бы один из его основных или дополнительных параметров не соответствует требованиям НТД».

В [8, т. 17, с. 205]: Основное понятие в теории надежности – понятие отказа, т.е. утраты работоспособности, наступающей внезапно, либо постепенно.

Таким образом, можно подвести итог: в научном и практическом понимании отказ – это все же потеря работоспособности, функционирования. Для, например, сельскохозяйственных тракторов отказ – это прекращение их работы и остановка на ремонтно-обслуживающие работы для устранения причин механического, а не параметрического отказа узлов, агрегатов. А принятое в [2] понятие отказа уводит от решения проблем реальных отказов МТП АПК.

Таким образом, изложенное в [2] представление отказов породило некорректность в теории технической эксплуатации машин с уводом от главных проблем внезапных тяжелых отказов. А в современных стандартах определение отказов более четкое и дифференцировано по различным его проявлениям, что следует принять и для технической эксплуатации МТП.

Возможна такая систематизация отказов (таблица 1). И согласно этой дифференциации, контроль и технико-экономическая оценка различных отказов должны быть специфичными. А возможно-му прогнозу внезапных отказов наконец-то должно быть уделено должное внимание. В НТД на ТО и диагностирование машин до сих пор нет рекомендаций по выявлению признаков таких отказов для их своевременного предотвращения (например, пониженное давление масел, стуки, шумы, повышенная температура, запахи гари, «свертывание капельной пробы масел», пропуски газов, выброс масляного тумана и пены и др.). И разработка таких рекомендаций – неотложна.

Некоторые отказы могут вызывать экологический ущерб, ДТП и человеческие жертвы. По деталям, узлам, агрегатам машин и оборудованию, от которых зависит техническая и экологическая безопасность, допускаемые величины признаков, параметров их состояния должны задаваться из условия обеспечения максимальной надежности, минимальной вероятности отказа.

В [5] сделаны и такие оправдательные по параметрическим отказам оговорки:

- останавливают машину в межконтрольном периоде на ремонт только при явно выраженных отказах, т.е. при нарушении её работоспособности;

- при отсутствии явных признаков отказа часть «отказавших» составных частей восстанавливают после очередного диагностирования, что увеличивает реализованный ресурс на величину Δt от момента проявления скрытого (например, параметрического) отказа до восстановления составной части.

Но формулы (1)-(2) не учитывают непрерывные издержки по параметрическим и другим скрытым отказам (увеличение расхода ТСМ, снижение производительности и качества работы объекта и т.п.). Для их учета в [2] предложены еще более сложные формулы, содержащие более 10 трудно определяемых величин.

Отсюда следует, что формулы (1)-(2) и им подобные в [2] заменили реальные механические отказы с полной потерей работоспособности машин псевдоотказами, которым соответствует уменьшение производительности, качества работ, увеличение расхода топливо-смазочных материалов и затрат на ТО машин.

Так как в доремонтном периоде никаких предупредительных воздействий нет, то формула (1) с учетом в ней ремонтных работ не правомерна, а с учетом неизвестных значений величин A , C , Q и t_f , определение которых требует длительного сбора данных по технической эксплуатации машин и не актуальна. А в периоде от первого до второго ремонта следует учитывать стоимость ремонта. И представляется, что формула (2) скорее пригодна для оптимизации полного срока службы машин, а не для остаточного.

В [2] представлен и более сложный подход к оптимизации управляющих технической эксплуатации показателей с учетом непрерывных издержек на ТО после ремонтно-обслуживающих работ, когда в целевую функцию подобную (1) введены их показатели. Но реализация еще более сложного подхода затрудняется еще в большей мере и кроме

Таблица 1 – Возможное распределение отказов в МТП АПК

Механические, с потерей работоспособности: не прогнозируемые инструментально, но ожидаемые по органолептике			Параметрические, без потери работоспособности узлов, агрегатов, машин			
Детали, сопряжения, узлы, агрегаты	Системы воздушные, гидравлические, электрические, охлаждения, смазки, контроля	Масла, смазки, рабочие среды	По качеству	По затратам	По производительности	По другим показателям

учебных примеров у автора [2] он также никем не использован.

Казалось бы, целевая функция (1) могла бы использоваться для обоснования допускаемых при капитальном ремонте показателей деталей. Но следует учитывать, что при ремонте агрегатов должны обеспечиваться заданные в их конструкции зазоры/натяги сопряжений, а дефектация деталей и комплектация сопряжений производится не только по размерам, но и по физико-механическим показателям поверхностей и форм деталей. А технологии и нормативы технической эксплуатации МТП АПК за пятидесятилетие её практики в СССР и в других странах обстоятельно апробированы и утверждены многими НТД (ГОСТ, РТМ и т.п.) [9-11].

Однако в последних публикациях [5-7] распространяется феноменальное, опасное заблуждение, что уточнение допускаемых значений диагностических параметров может в 3,5-5 раз уменьшать вероятность отказов машин. А ведь и при превышении предельных значений диагностических параметров по износу узлов трения с «параметрическими отказами» потери работоспособности машин (отказа) не наступает. А действительные внезапные механические отказы из-за развития скрытых неконтролируемых дефектов деталей, полностью нарушающие работу машин - не прогнозируемы, не управляемые, по ним никакая оптимизация диагностических параметров не возможна. Наступление механических аварийных отказов обусловлено лишь развитием дефектов деталей, зависящей от конструкций машин, условий и режимов эксплуатации, от качества ТО. Последнее можно улучшить нетрадиционной триботехникой [12]. Такова всемирно-историческая практика технической эксплуатации машин и оборудования и противоречит ей можно лишь при кабинетном отрыве от неё, что в [1-3].

В работах [5-7] сделана и попытка обосновывать допускаемые значения износа деталей при капитальном ремонте с учетом фактических скоростей их изнашивания. Однако здесь проигнорированы строгие требования технологий ремонта, основанные на конструктивных требованиях к деталям и сопряжениям объектов машиностроения, апробированные десятилетиями и закрепленные в НТД и в государственных стандартах технической эксплуатации МТП АПК, полностью проигнорирована триботехника сопряжений, не учтено, что данные о скоростях изнашивания деталей получать невозможно, а использование их крайне проблематично.

Из изложенного следует, что для оптимизации проведения работ технического сервиса машин в АПК нужны простые оперативные рекомендации, апробированные многолетней практикой. Например, предельные значения диагностических параметров для «параметрических отказов» предлагается назначать исходя из приближения суммы издержек и потерь на техническую эксплуатацию машин и оборудования (с потерями от ухудшения их работоспособности) к стоимости новых объек-

тов. А допускаемые значения характеристик деталей, годных для капитального ремонта тракторов, их двигателей определены конструктивными требованиями к их узлам, агрегатам и утверждены в установленном порядке соответствующей НТД на техническую эксплуатацию МТП.

Следует принять во внимание, что бывшим аспирантом ГОСНИТИ проф. Ушановым В.А. [11] предложена система интегральной оценки изношенности машины и отдельных её агрегатов, на основе которой оптимизируется содержание ремонтных работ для различных условий предприятий АПК. Приведена методика расчета величин этих оценок для назначения полнокомплектного ремонта машины, или замены отдельных её агрегатов при текущем ремонте новыми или капитально отремонтированными. К этому разработана диаграмма предельных изношенностей машин для оптимизации состава ремонтных работ с разным их содержанием и стоимостью. Рекомендации для назначения таких работ зависят от возможностей сервисных производств.

Выводы

Из проведенного анализа могут быть такие принципиальные научно-практические выводы:

1. Так как превышение допускаемых и предельных значений диагностических параметров по «параметрическим отказам» к фактическим отказам (с остановкой машин) не приводит, то прямое использование функций (1)-(2) не правомерно.

2. Износ и нарушение работоспособности деталей, узлов, агрегатов, их отказы обусловлены интенсивностью их изнашивания и развитием скрытых дефектов, зависящих от конструктивного и производственного совершенства объектов контроля, от условий их эксплуатации и качества ремонтно-обслуживающих работ. Поэтому, вопреки новациям [5-7] оптимизация допускаемых величин диагностических параметров никак не изменяет время наступления ни внезапных, ни «параметрических» отказов при достижении ими предельных величин, не зависящих от допускаемых значений, не уменьшает ни вероятность, ни число фактических и «параметрических» отказов, не увеличивает надежность машин. Все равно, как и писал проф. Михлин В.М., объекты контроля дорабатывают до предельных состояний и исчерпания остаточного ресурса.

3. Преувеличение значений допускаемых величин диагностических параметров в [5-7] по параметрическим, фактически не ресурсным псевдоотказам, игнорируя реальные механические, усугубляется тем, что график из [2] условно линейной динамики диагностических параметров, измеряемых при последовательных ТО-3 до первого капремонта трактора, дан в [2, 3] как график динамики параметров на период эксплуатации до 7-го ремонта. Это противоречит реалиям изнашивания

деталей машин, их приремонтной комплектации и всей НТД на техническую эксплуатацию МТП в АПК [1, 3, 9-11, 13], апробированной десятилетиями во многих странах. Ужесточение допускаемых величин диагностических параметров вопреки расчетам в [1-3] обуславливает лишь более частый их контроль. Новации [5-7] резко усугубляют принципиальные ошибки в [2]. Они не только не продуктивны, но и усугубляют ошибки [2] и уводят от реальных проблем технической эксплуатации МТП и предотвращения внезапных отказов. А для ориентировочного определения допускаемых значений диагностических показателей достаточно использовать давно выработанные практикой критерии и показатели.

4. Из проведенного анализа следует, что ужесточение допускаемых в эксплуатации значений показателей деталей, сопряжений, узлов, агрегатов при неизменных предельных их значениях может лишь увеличивать расчетный остаточный ресурс объектов контроля, не влияя на фактический ресурс, определяемый лишь интенсивностью реального ухудшения технического состояния. Отсюда достоверное определение и уточнение, особенно для современных машин, предельных значений диагностических и структурных параметров на порядок важнее, чем «оптимизация» в [5-7] допускаемых величин показателей ТО и ремонта машин. А для оперативности определения оптимального срока и старой, а особенно современной, техники можно использовать условие достижения равенства прямых затрат на её техническую эксплуатацию к стоимости новой техники, что предложено нами в 1964 г., в поддержано к.т.н. Четом В.А. и утверждено в [2] самим проф. Михлиным В.М.

5. По внезапным, не прогнозируемым аварийным отказам следует учитывать

- по ним мало диагностических показателей,
- по ним трудно задавать предупредительные работы,
- вероятность проявления таких отказов не прогнозируема и для них математический аппарат теории управления надежностью В.М. Михлина [2] не применим,
- внезапные аварийные отказы МТП могут вызывать экологический ущерб, ДТП с нанесением

вреда имуществу, приводить к человеческим жертвам.

- актуален комплекс работ по анализу, систематизации внезапных отказов, номенклатуре их признаков и показателей. Весьма актуальна разработка рекомендаций по выявлению признаков возможных аварийных отказов и мер по их предотвращению в эксплуатации МТП АПК.

- выявление признаков механических отказов с разрушением деталей возможно органолептически (осмотр, контроль ремней, цепей, остукивание и ослушивание, контроль гари, капельной пробы масел, проверка узлов, агрегатов в тестовом режиме), а также инструментально, например, прибором ИКУ-1Д ультразвуковой эмиссии деталей под механическим напряжением, утечек из пневмо- и гидросистем.

6. Итого: практики знают, что никакая диагностическая «цифирь» на наступление «параметрических» и внезапных отказов не влияет, не уменьшает вероятность их наступления, а внезапные реальные механические отказы по неконтролируемым показателям состояния деталей узлов агрегатов могут приводить к экологическому ущербу, к ДТП с человеческими жертвами. Им следует уделять должное внимание. Вместе с этим наступление «параметрических отказов» существенно сдерживается качественным ТО машин с инновационными приемами нетрадиционной триботехники.

7. Изложенное показывает большие трудности и ограниченность кабинетного подхода к управлению надежностью машин и необходимость разработки практических рекомендаций по проведению ТО и ремонта с учетом новейших машин и все большего использования в них встроенных систем контроля и диагностики. Некоторые подвижки в разработке реальных приемов оптимизации работ ТО показаны в современной редакции ГОСТ 20793.

Таким образом, нормативы показателей технической эксплуатации МТП АПК требуют уточнения, но не по непрактичным кабинетным теориям, а на основе контроля технико-экономических показателей эксплуатации и сервиса МТП по традиционной бухгалтерской отчетности предприятий. Это проще, достовернее и не огульно, а индивидуально для каждой машины.

Литература

- [1] Комплексная система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве. М.: ГОСНИТИ. 1985. 144 с.
- [2] Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники. М.: Колос. 1984. 336 с.
- [3] Игнат'ев Г.С. Приремонтное диагностирование и необезличивание составных частей агрегатов

References

- [1] Kompleksnaja sistema tehničeskogo obslužhivanija i remonta mashin v sel'skom hozjajstve [Comprehensive system of maintenance and repair of machines in agriculture]. M.: GOS-NITI. 1985. 144 p.
- [2] Mihlin V.M. Upravlenie nadezhnost'ju sel'skohozjajstvennoj tehniki [Agricultural machinery reliability management]. M.: Kolos. 1984. 336 p.
- [3] Ignat'ev G.S. Pripemontnoe diagnostirovanie i neobezlichivanie sostavnyh chastej agregatov s.-h.

- с.-х. техники: дис. ... док. техн. наук: 05.20.03. Челябинск, 1989.
- [4] ГОСТ 20759-90 Дизели тепловозов. Техническое диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса методом спектрального анализа масла. М.: ИПК Изд-во стандартов. 1991. 24 с.
- [5] Денисов В.А., Соломашкин А.А. Обеспечение безотказной работы деталей машин с использованием новой системы переменных допусков. Инженерные технологии и системы. 2020. Т. 30. № 1. С. 76-91.
- [6] Дорохов А.С., Денисов А.В., Соломашкин А.А., Герасимов В.С. Стратегии технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин. Технический сервис машин. 2020. № 3 (140). С. 38-48.
- [7] Черноиванов В.И., Денисов В.А., Соломашкин А.А. Способ определения остаточного ресурса деталей машин // Технический сервис машин. 2020. № 1. С. 50-57.
- [8] Большая советская энциклопедия: в 30 т. / Глав. ред. А. М. Прохоров. - 3-е изд. - М: Сов. энциклопедия, 1969-1981.
- [9] РТМ 10.16.0001.008-89. Предельные и допускаемые параметры дизелей, их деталей и сопряжений.
- [10] ТУ 303-10.0064-92. Методы определения допускаемого отклонения параметра технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса составных частей агрегатов машин.
- [11] Ушанов В.А. Исследование и оптимизация параметров системы ТО и ремонта машин и их использование при прогнозировании технических услуг в АПК Восточной Сибири: дис. ... док. техн. наук: 05.20.03. Красноярск, 1999.
- [12] Дунаев, А.В. Нетрадиционная триботехника. Некоторые итоги развития в России. Lambert Academic Publishing. 2018. 217 с.
- [13] Рекомендации по постановке машин на ремонт по результатам диагностирования. М.: ГОСНИТИ. 1979. 37 с.
- tehniki: dis. ... dok. tehn. nauk [Pre-service diagnostics and non-anonymization of components of agricultural aggregates. technicians]. Cheljabinsk, 1989.
- [4] GOST 20759-90 Dizeli teplovozov. Tehniceskoe diagnostirovanie i prognozirovanie ostatochnogo rsursa metodom spektral'nogo analiza masla [State Standard 20759-90 Diesel locomotives. Technical diagnostics and prediction of residual life by means of spectral analysis of oil]. M.: IPK Izd-vo standartov. 1991. 24 p.
- [5] Denisov V.A., Solomashkin A.A. Obespechenie bezotkaznoj raboty detalej mashin s ispol'zovaniem novej sistemy peremennyh dopuskov. Inzhenernye tehnologii i sistemy [Ensuring trouble-free operation of machine parts using a new system of variable tolerances. Engineering technologies and systems]. 2020. T. 30. no 1. pp. 76-91.
- [6] Dorohov A.S., Denisov A.V., Solomashkin A.A., Gerasimov V.S. Strategii tehniceskogo obsluzhivaniya i remonta sel'skhozajstvennyh mashin [Maintenance and repair strategies for agricultural machinery]. Tehniceskij servis mashin. 2020. no 3 (140). pp. 38-48.
- [7] Chernoi Ivanov V.I., Denisov V.A., Solomashkin A.A. Sposob opredelenija ostatochnogo resursa detalej mashin [Method for determining the residual life of machine parts]. Tehniceskij servis mashin. 2020. no 1. pp. 50-57.
- [8] Bol'shaja sovetskaja jenciklopedija: v 30 t. / Glav. red. A. M. Prohorov. - 3-e izd. - M: Sov. jenciklopedija, 1969-1981.
- [9] RTM 10.16.0001.008-89. Predel'nye i dopuskaemye parametry dizelej, ih detalej i soprjazhenij [Limit and permissible parameters of diesel engines, their parts and interfaces].
- [10] TU 303-10.0064-92. Metody opredelenija dopuskaemogo otklonenija parametra tehniceskogo sostojanija i prognozirovanija ostatochnogo resursa sostavnyh chastej agregatov mashin [Methods for determining the permissible deviation of the technical condition parameter and predicting the residual life of the components of machine aggregates].
- [11] Ushanov V.A. Issledovanie i optimizacija parametrov sistemy TO i remonta mashin i ih ispol'zovanie pri prognozirovanii tehniceskikh uslug v APK Vostochnoj Sibiri: dis. ... dok. tehn. nauk [Research and optimization of the parameters of the maintenance and repair system of machines and their use in predicting technical services in the agro-industrial complex of Eastern Siberia]. Krasnojarsk, 1999.
- [12] Dunaev, A.V. Netradicionnaja tribotehnika. Nekotorye itogi razvitija v Rossii [Unconventional tribotechnics. Some results of development in Russia]. Lambert Academic Publishing. 2018. 217 p.
- [13] Rekomendacii po postanovke mashin na remont po rezul'tatam diagnostirovanija [Recommendations for setting up machines for repairs based on the results of diagnostics]. M.: GOSNITI. 1979. 37 p.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Дунаев Анатолий Васильевич доктор технических наук ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» 109428, Россия, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5 Тел.: +7(916) 836-52-95 E-mail: dunaev135@mail.ru</p>	<p>Dunaev Anatoly Vasilievich D.Sc. in Technical Sciences leading researche Federal State Budgetary Scientific Institution ""Federal Scientific Agroengineering Center VIM"" Phone: +7(916) 836-52-95 E-mail: dunaev135@mail.ru</p>
<p>Ломовских Александр Егорович кандидат технических наук доцент кафедры ФГКВООУ ВО «ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54 а Тел.: +7(995) 094-12-60 E-mail: lomovskih1979@yandex.ru</p>	<p>Lomovskih Alexander Egorovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of Federal State Official Military Educational Institution of Higher Education "Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" Phone: +7(995) 094-12-60 E-mail: lomovskih1979@yandex.ru</p>
<p>Родионов Юрий Викторович доктор технических наук профессор кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>	<p>Rodionov Yuri Viktorovich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>
<p>Скоморохова Анастасия Игоревна магистрант кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: nasta373@mail.ru</p>	<p>Skomorokhova Anastasia Igorevna undergraduate of the department «Computer-integrated systems in mechanical engineering» Tambov State Technical University Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: nasta373@mail.ru</p>