



Столыпинский  
вестник

Научная статья

Original article

УДК 635

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА НА  
СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ АПК**

RESEARCH OF ENGINEERING AND TECHNICAL SERVICE AT THE  
PRESENT STAGE OF DEVELOPMENT OF THE AGRO-INDUSTRIAL  
COMPLEX

**Кокиева Галия Ергешевна**, доктор технических наук, декан Инженерного факультета ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филлипова» (670024, Республика Бурятия, город Улан-Удэ, ул. Пушкина, д.8), тел. 8-924-8-66-537, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3447-1911>, [kokievagalia@mail.ru](mailto:kokievagalia@mail.ru)

**Galia K. Kokieva**, Doctor of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Engineering, Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Fillipov (670024, Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Pushkin str., 8), tel. 8-924-8-66-537, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3447-1911>, [kokievagalia@mail.ru](mailto:kokievagalia@mail.ru)

**Реферат.** Существующие методы оценки эффективности использования техники непригодны в условиях многообразия форм собственности. Объективное сравнение невозможно, так как необходимость в обеспечении условий сопоставимости оценок требует описания (формализации) бесконечно

сложного объекта, которым является сельскохозяйственное предприятие. Выявить эффект от реализации технического, технологического или организационного мероприятия в смешанных итогах года не представляется возможным. Мероприятия, разработанные на основе таких оценок, не могут быть достаточно продуктивными. Применяемые отдельные показатели и критерии лишь частично характеризуют объект хозяйствования и приводят к противоречивым результатам. Годовая выработка в сочетании с регламентированными сроками службы подменяют критерий износ (естественное старение) техники. Взаимосвязь этих основ регламентированной эксплуатации с потребностями административных методов управления производством очевидна. В этой связи для разработки проектной документации на создание МТС потребуются типизированные организационно-технические требования и дифференцированные нормативные критерии для обоснования рациональной модели применительно к конкретным региональным условиям, учитывая производственную необходимость и пожелание хозяйств организовать ее, использовать услуги на взаимовыгодных условиях. Использование же техники в сельском хозяйстве подчиняется законам систем массового обслуживания. Эффективность работы таких систем с возрастанием их нагрузки сначала растет, но при достижении оптимального значения нагрузки падает (нагрузка в данном случае характеризуется коэффициентом загрузки техники, который представляет собой отношение реальной годовой выработки техники к теоретически возможной то есть при условии работы техники без простоев и с максимальной нагрузкой).

**Abstract.** The existing methods of assessing the effectiveness of the use of technologies are unsuitable in the conditions of a variety of forms of ownership. An objective comparison is impossible, since the need to ensure the conditions of comparability of estimates requires a description (formalization) of an infinitely complex object, which is an agricultural enterprise. It is impossible to determine the impact of the implementation of any technical, technological or organizational event on the mixed results of the year. Activities developed on the basis of such assessments

cannot be sufficiently productive. The applied individual indicators and criteria only partially characterize the object of management and lead to contradictory results. Annual output in combination with regulated service life replaces the criterion of wear (natural aging) of equipment. The relationship of these fundamentals of regulated operation with the needs of administrative methods of production management is obvious. In this regard, for the development of project documentation for the creation of MTS, typed organizational and technical requirements and differentiated regulatory criteria will be required to substantiate a rational model in relation to specific regional conditions, taking into account the production need and the desire of farms to organize it, use services on mutually beneficial terms. The use of machinery in agriculture is subject to the laws of queuing systems. The efficiency of such systems increases with their load at first, but when the optimal load value is reached, it decreases (the load in this case is characterized by the equipment load factor, which is the ratio of the actual annual production of equipment to the theoretically possible one, that is, provided that the equipment works without downtime and with maximum load).

**Ключевые слова:** производительность труда, качество ремонта, техника, инженерно-технический сервис.

**Keywords:** labor productivity, repair quality, machinery, engineering and technical service.

## **Введение**

Правильная эксплуатация сельскохозяйственной техники в значительной мере обуславливает конечные результаты использования трудовых и материальных ресурсов в аграрном секторе страны. Система ремонтно-обслуживающих производств владельцев машин, ремонтно-технических предприятий, ремонтных заводов, баз агроснаба, призванных обеспечивать обновление и исправность сельскохозяйственной техники, претерпевает существенные изменения как и весь агропромышленный комплекс.

Однако практический опыт и результаты исследований свидетельствуют о неудовлетворительном их применении. С середины 70-х годов наблюдается неэквивалентность прироста результатов производства и его фондоемкости. За последние 10-15 лет средняя и суммарная мощность тракторов и комбайнов увеличилась на 1/3 при существенном росте наработки на отказ. Снижение фондоотдачи составляет примерно 37%. Среднегодовой прирост урожайности зерновых-немного более 1%, повышение производительности труда отставало от темпов роста энерговооруженности.

Применяемые отдельные показатели и критерии лишь частично характеризуют объект хозяйствования и приводят к противоречивым результатам. Причем ориентация их на административные методы управления производством привела к утрате приоритета конечных его целей. Годовая выработка в сочетании с регламентированными сроками службы подменяют критерий износ (естественное старение) техники. Взаимосвязь этих основ регламентированной эксплуатации с потребностями административных методов управления производством очевидна.

Большое многообразие сельскохозяйственных предприятий, конечно, исключает создание какой-то единой модели МТС, иначе она будет малопригодна для сегодняшних условий сельскохозяйственного производства. Здесь должны учитываться естественно-историческая ландшафтная зональность с разнообразием почвенно-климатических и социально-экономических условий, специализация хозяйств, размеры, благоустроенность дорог, наличие средств связи, а также, что не менее важно, наличие средств связи, а также, что не менее важно, альтернативные возможности выполнения сельхозработ.

В этой связи для разработки проектной документации на создание МТС потребуются типизированные организационно-технические требования и дифференцированные нормативные критерии для обоснования рациональной модели применительно к конкретным региональным условиям, учитывая производственную необходимость и пожелание хозяйств организовать ее,

использовать услуги на взаимовыгодных условиях. Радиус обслуживания уточняется в зависимости от местных условий и требований. При недостатке объемов механизированных работ-увеличивается. При недостатке объемов механизированных работ-увеличивается. Учитывается также и уровень оснащенности хозяйств техническими средствами. Не имеющие нужных средств механизации и трудовых ресурсов нуждаются в большой помощи МТС.

Объем механизированных работ, выполняемых МТС, определяется размером производства сельхозпродукции в обслуживаемой зоне. По общему объему и срокам их выполнения устанавливается потребная мощность тракторного парка в пиковые периоды. Структура и количественный состав машинно-тракторного парка, транспортных средств формируются также в зависимости от структуры и размеров посевных площадей, способов сбыта сельхозпродукции, потребности в ГСМ, химикатах и других средствах производства. Обеспечение потребности в сельхозмашинах предусматривается по дифференцированным зональным нормативам в расчетах на 100 тракторов каждой марки. Балансовая стоимость их в 1,5 раза должна превышать балансовую стоимость тракторов.

Количество самоходных уборочных машин определяется на 1000га уборочной площади с учетом всех возделываемых культур в зоне действия МТС, транспортных средств-с учетом урожайности сельскохозяйственных культур, объемов перевозки других грузов и т.д.

По видам функциональной деятельности МТС могут заниматься только производством растениеводческой или животноводческой продукции, другие-также и ее переработкой, техническим сервисом, обеспечением запасными частями, изделиями промышленного производства и т.п.

В МТС должна быть ремонтная мастерская, машинный двор, хранилище нефтепродуктов, гараж, склад запасных частей, магазин для их реализации хозяйствам. Основные производственные единицы-механизированный отряд, уборочно-транспортный комплекс, специализированное звено по возделыванию трудоемких сельхозкультур и др.

Оплата за выполняемые работы возможна натуральная, денежная, смешанная на договорных условиях. При этом необходим квалифицированный анализ конечных результатов деятельности МТС.

Используя организационно-технические требования и критерии оценки модели МТС по зональным нормативам составляется техно-рабочий проект ее создания. В зависимости от финансово-экономических возможностей, наличия технических средств, механизаторских кадров реализация его может осуществляться поэтапно.

Производственные процессы в сельском хозяйстве протекают в естественной системе: природа-человек-техника. Связующее звено во взаимодействии человека с природой-прошлый труд, воплощенный в технике. Пока энергетической основой работы была только энергия людей, характеризовать эффективность производства можно было трудовым и стоимостным критериями. Любой материальный ресурс представляет собой прямой или опосредованный энергоноситель.

В общем комплексе мер по обеспечению постоянной технической готовности машин организация их хранения в зимний период занимает особое место. Большинство сельскохозяйственных машин не используются 90...95% календарного времени года. Материально-техническая база не обеспечивает для всей техники требуемых условий хранения. Не хватает крытых помещений для хранения сложной техники, только для 32% машин имеются площадки с твердым покрытием.

Машины и оборудование вследствие длительного воздействия атмосферных осадков, солнечной радиации, колебаний температуры и влажности интенсивно корродируют. Потери металла с каждого квадратного метра незащищенной поверхности могут достигать 90...110г, а в случае контакта с влажной почвой, растительными остатками-до 200г в год. Соприкосновение частей машин с ядохимикатами, удобрениями увеличивают эти потери в несколько раз. Эффективное применение интенсивных технологий в растениеводстве в немалой степени зависит от технической оснащенности

хозяйств, состава машинно-тракторного парка и организации его использования. Необходимо иметь такой состав МТП, который обеспечивал бы поточность выполнения комплекса механизированных работ в требуемом объеме в лучшие агротехнические сроки и с высоким качеством. При этом затраты труда и материальных средств должны быть минимальными.

Проблему определения состава МТП можно рассматривать как задачу линейного программирования. Исходной информацией для таких расчетов служит объем механизированных работ в хозяйстве. Его определяют по технологическим картам возделывания сельскохозяйственных культур с учетом структуры посевных площадей.

Увеличение энерго- и машиновооружённости позволило значительно повысить уровень механизации основных процессов сельскохозяйственного производства и на этой основе поднять производительность. Практика массового внедрения типовой технологии и нормативов подтвердила их высокую эффективность. Экономическую целесообразность восстановления деталей принято оценивать путём сопоставления стоимости новой детали и затрат на ремонт изношенной. Но при этом не учитываются разность в сроках службы новой и восстановленной детали и связанные с этим дополнительные затраты. Эффективность инженерной службы сельского хозяйства наиболее полно характеризуется коэффициентами технической готовности и использования машинно-тракторного парка и удельными затратами на механизированные работы, а также уровнем механизации производственных процессов. ПрВ настоящее время в качестве основных показателей для оценки экономической эффективности обслуживания машин приняты денежные затраты на техническое обслуживание, отнесенные к единице выработки машин, и коэффициент загрузки средств обслуживания. Этими критериями можно пользоваться только в том случае, если имеется уверенность в полном и своевременном обеспечении машин соответствующими видами обслуживания. Однако такая уверенность основана обычно на интуиции и опыте руководителей, а расчеты по средним показателям приводят к грубым ошибкам.

В общей проблеме улучшения использования машинно-тракторного парка одной из главных задач является совершенствование его технического обслуживания, которое включает три основных элемента: технические уходы за машинами, организацию нефтехозяйства и заправки машин топливом и маслами, хранение машин. За последние годы проведены разносторонние исследования процессов изнашивания узлов и деталей машин, загрязнения механизмов, изучены режимы картерной смазки и т.п. это позволило обосновать периодичность технических уходов за тракторами и основными сельскохозяйственными машинами и разработать технологию их выполнения. Разработаны также нормативы затрат труда и расхода материалов на технические уходы, проекты технологической планировки пунктов технического обслуживания. Поставлены на производство новые образцы оборудования для механизации работ по техническому обслуживанию машин.

Технологическую подготовку ремонтного производства (ТП РП) выполняют при вводе в эксплуатацию новых производственных участков или совершенствовании действующих с целью повышения производительности труда, качества ремонта, снижения затрат на него. В условиях рыночных отношений особенно актуально освоение ремонта новых видов изделий, в том числе небольшими партиями. До 80% трудоемкости ТП РП приходится на разработку, изготовление и внедрение средств технологического оснащения (СТО). При подготовке к ремонту двигателей приходится создавать силами вспомогательного производства около 150 наименований технологических машин и 2...3 тыс. приспособлений и инструмента, на что раньше уходило годы. Сейчас сроки ТП должны быть сокращены и рассчитывать следует только на силы заводских инженерных служб и собственного вспомогательного производства.

Существующие методы технологической подготовки производства, основанные на индивидуальном проектировании и единичном изготовлении необходимых машин очень трудоемки. Поэтому поэтапная и непрерывная модернизация материальной базы РП и быстрая его переналадка при изменении



объекта с учетом мощности вспомогательного производства возможна лишь за счет применения блочно-модульных СТО. При переводе производства на ремонт нового вида продукции такие СТО разбирают, консервируют ненужные блоки-модули, а устанавливают необходимые. Такой подход требует внедрения в ремонтное производство методов проектирования блочно-модульного оборудования и описания модульных технологий. В рамках ТП РП одновременно рассматривают создаваемый комплекс СТО в виде многоуровневой иерархической системы технологических машин, агрегатов и механизмов. Проектирование заключается в выборе наилучших сочетаний объектов из множества функциональных частей машин, их рядов, технологических машин и комплексов с учетом важнейших технико-экономических критериев.

Исполнительные агрегаты машин и их ряды проектируют, используя метод структурно-параметрического синтеза, обеспечивающего сочетание новых решений с лучшими имеющимися. Определяющий критерий-приведенные затраты на изготовление и эксплуатацию создаваемых объектов. Возможные конструктивные варианты (в том числе новые) агрегатов находят путем их морфологического анализа, а наилучшие-путем оптимизации. Разрабатывают также модульные операции (переходы), описания которых многократно используют после переналадки оборудования. На стадии параметрического синтеза выбирают оптимальные типоразмеры рядов, чем ограничивают множество возможных исполнений объектов, обеспечивая их преемственность.

Технологические и их комплексы проектируют с помощью компоновочного синтеза, обеспечивающего наибольшую их производительность (блоки-модули выбирают из оптимальных типоразмерных рядов) и наименьшую занимаемую площадь.

Принята координатно-блочная система координирования узлов технологических машин, которая учитывает число и вид блоков, взаимное расположение их осей и направление перемещений относительно оси координат. Код исполнительного агрегата в компоновочной схеме машины

определяет вид движения относительно станины или сопряженного агрегата и его направление относительно системы координат. Возможные компоновочные решения из имеющегося множества агрегатов получают путем поочередной замены каждого относительного перемещения их агрегатов на пять остальных и их перестановки. Число рассматриваемых вариантов существенно сокращается до приемлемого при логическом анализе работоспособности. Компоновка с самым коротким технологическим циклом считается оптимальной, наименьшую площадь занимают машины в вертикальном исполнении. Восстановление изношенных деталей во многом повышает эффективность ремонта, которая достигается как за счет дефектации и отбора годных, так и за счет совершенствования комплектовочно-сборочных, разборочно-очистных и приработочно-испытательных процессов.

При технологической подготовке к изготовлению ремонтных заготовок учитывают такие принципы. Наименьшие затраты обеспечиваются при использовании в качестве припуска приповерхностного слоя металла. Если эта возможность исчерпана, то необходимо создавать припуски на изношенных поверхностях для обработки под номинальные размеры. Изготовление ремонтных заготовок блоков, головок и гильз цилиндров, коленчатых и распределительных валов следует начинать с использования дополнительных ремонтных деталей, закрепленных сваркой, пайкой, клеем и пр. Эти способы эффективны при годовых объемах ремонта до 5 тыс. двигателей. С ростом объемов ремонта целесообразны нанесение на заготовки газотермических покрытий и электроконтактная приварка металлической ленты, так как процессы высокопроизводительны, хотя и дороги. Трудоемкость их сокращается за счет внедрения специализированного оборудования, в том числе изготовленного на собственном вспомогательном производстве.

Экономически эффективен способ термопластической раздачи деталей-тел вращения, протекающей без расхода материалов. Но его широкое применение требует исследований стабильности восстановленных размеров при

эксплуатации и влияния процессов на строение приповерхностного слоя металла и износостойкость.

Нанесение гальванических покрытий-самый дорогой процесс и его при меняют в основном при восстановлении деталей с небольшими износами.

Оптимальные области применения упомянутых способов зависят от вида и условий работы деталей, технического состояния исходных заготовок и объемов восстановления. Рекомендации по использованию того или иного способа должны завершаться выдачей сертификата с указанием области применения, достигаемых физико-механических параметров, характеризующих эксплуатационные свойства покрытия и гарантийные показатели наработки. Наиболее полное использование остаточной долговечности деталей представляет собой одну из проблем ремонта, которую на стадии ТП РП можно решить путем расширения номенклатуры восстанавливаемых деталей по современным технологиям с пересмотром требований по капитальному ремонту двигателей об обязательной замене при ремонте деталей; полной выборки из фонда деталей с размерами в пределах полей допусков, восстановления деталей с учетом технического состояния изношенных.

Оснащение дефектационных постов необходимыми средствами и организация дополнительных слесарных работ обеспечивают объективное выявление деталей, размеры, форма поверхностей и взаимное расположение которых удовлетворяют требованиям к товарной продукции, что сокращает трудоемкость и затраты на ремонт. Для дефектации деталей применяют специальные и универсальные индикаторные и измерительные средства. Сопротивление изоляции проводов высокого напряжения измеряют мегаомметром. Техническое состояние некоторых сборочных единиц определяют без их разборки по критерию: расход или давление масла. Отбор осей коромысел с допустимыми зазорами в парах проводят на стенде. Масло под давлением 0,06...0,08 Мпа подают насосом во внутреннюю полость оси.

При допустимых износах в сопряжениях (40% случаев) масло вытекает из-под каждой втулки в виде капель или прерывистой струйкой.

Давление масла, развиваемое при работе масляного насоса, служит показателем его послеремонтного ресурса. Если при дефектации насос развивает давление не менее верхнего предельного, то он обладает необходимым ресурсом до следующего ремонта (10...12% случаев). В таких насосах лишь проверяют и регулируют работу редукционного клапана. Требуется пересмотра концепции о бинарном принципе определения дефекта (он есть или нет) и однозначности технологии его устранения. Разработан дифференцированный подход к назначению совокупности технологических воздействий по устранению каждого дефекта в зависимости от его характеристики. Для деталей с небольшим износом и деформацией, поступивших в ремонт первый или второй раз, приповерхностного слоя металла за счет реализации способа ремонтных размеров или придания путем механической обработки специальной формы сопрягаемым поверхностям, например, тело шатуна-крышка или блок цилиндров-крышки коренных подшипников. В ряде случаев целесообразно введение непредусмотренных ранее ремонтных размеров. Например, для изношенного отверстия под палец в поршне был введен ремонтный размер с интервалом 0,05 мм, что обеспечивается его разворачиванием. Сопрягаемые детали восстанавливают растачиванием втулки шатуна и шлифованием поршневого пальца после термопластической раздачи. Полное использование ремонтных размеров достигается за счет правки длинных деталей (коленчатых и распределительных валов, осей коромысел и др), применения адаптивных схем базирования и повышения точности обработки. Адаптивное базирование основано на использовании в качестве без самих обрабатываемых поверхностей (рабочих поверхностей поршневых пальцев, коренных опор и отверстий под толкатели в блоке цилиндров), либо необрабатываемых, но относительно которых определяют расположение других поверхностей. Например, поверхности опоры коренных подшипников блока цилиндров целесообразно растачивать с

базированием по плоскости под головку цилиндров и отверстиям под гильзы. Адаптивное базирование реализуется также при бесцентровом шлифовании, центрировании растачиваемых отверстий относительно шпинделя станка с фиксированием, хонинговании отверстий плавающей головкой, изменении опорно-базирующих элементов в действующем оборудовании.

В условиях многономенклатурного РП с небольшими объемами ремонта каждого вида изделий наметился переход к не обособленному ремонту и организации разборочных и сборочных работ на неподвижных стендах. Рассмотренные методы технологической подготовки производства к ремонту изделий широкой номенклатуры небольшими объемами обеспечивают уменьшение времени на это в 2-3 раза, снижение себестоимости ремонта на 25...30%. Говоря о положительных результатах научных исследований, нельзя, вместе с тем не видеть, что многие принципиальные вопросы организации и технологии технического обслуживания машин остаются до сих пор нерешенными и требуют глубокого научного анализа, который позволил бы обосновать необходимые практические рекомендации. Использование в сельскохозяйственном производстве сложной и дорогостоящей техники значительно повысило требования к качеству и своевременности проведения в полном объеме всех операций по её техническому обслуживанию и хранению. Сегодня техническая политика в агропромышленном комплексе состоит в реализации оперативных и перспективных мер по насыщению сельхозпроизводителей и переработчиков высококачественной, экологически чистой и безопасной техникой, эффективной её эксплуатации, высоком уровне механизации и автоматизации труда, а также создание рынка технических средств и услуг. Очень важен при этом такой комплекс мер, который учитывал бы как тактическую, так и стратегическую ситуации в условиях экономического кризиса. Во всех случаях её отправной точкой должны быть машинные технологии производства сельскохозяйственной продукции и её переработки с учётом особенностей природно-климатических зон страны. Обусловлено это многими причинами, одной из которых является снижение

технического потенциала села: сокращается состав машинно-тракторного парка, прогрессирует физический и моральный износ техники. В соответствии с типовой технологией были созданы нормативы затрат труда на ремонт машин, нормативы расходования потребных при ремонте материалов и нормы расходования запасных частей. Последовательное развитие материально-технической базы агропромышленного комплекса и сельскохозяйственного машиностроения позволяют обеспечивать хозяйства высокопроизводительной техникой. Специалисты хозяйств, приобретающие новые машины, должны обладать глубокими знаниями о современных средствах механизации, включая экономические аспекты эксплуатации. В ремонтных мастерских, организовавших производственный процесс в соответствии с этой технической документацией, значительно сократить время пребывания машин в ремонте, повысилась производительность труда, уменьшилось количество рабочих, занятых на ремонте и стабилизируется заработная плата, улучшается качество ремонта и повысилась общая культура работы ремонтных мастерских.

В настоящее время в качестве основных показателей для оценки экономической эффективности обслуживания машин приняты денежные затраты на техническое обслуживание, отнесённые к единице выработки машин, и коэффициент загрузки средств обслуживания. Этими критериями можно пользоваться в полном и своевременном обеспечении машин соответствующими видами обслуживания.

Одной из важных задач является разработка методов организации технического обслуживания машин в предприятии на основе математического моделирования и применения электронно-математического ПО. Преимущества математического моделирования по сравнению с натурным экспериментом общеизвестны: оно позволяет сократить затраты труда и средств, ускорить процесс исследования. В то же время его эффективность целиком зависит от достоверности исходной информации, методики математической обработки полученных данных и построения модели. С помощью математической модели изучаются различные схемы организации технического обслуживания

применительно к тем или иным объемам работ и условиям эксплуатации машинно-тракторного парка, выявить потоки отказов машин и потребность в технических уходах в зависимости от состава парка, нагрузки на машину и зональных особенностей использования техники. Надежность работы машин в значительной мере зависит от качества их предэксплуатационной обкатки. Применяемые сейчас методы такой обкатки в полевых условиях требуют больших затрат времени и не всегда обеспечивают необходимую подготовку машины к производственной эксплуатации. В этой связи целесообразно разработать рациональные режимы ускоренной обкатки новых и отремонтированных машин. Очень актуальной является проблема диагностики технического состояния машин. Систематический контроль механизмов машин без их разборки позволяет своевременно выявить и устранить неисправности непосредственно на пункте технического обслуживания (при проведении очередного технического ухода), сократить объем демонтажно-монтажных операции, предотвратить преждевременную постановку машин на ремонт.

Рациональная организация технического обслуживания машинно-тракторного парка должна предусматривать как обязательное условие бесперебойное обеспечение машин топливом и смазочными материалами. Не менее существенное значение имеет и целесообразное значение имеет и целесообразное их расходование.

### **Основная часть**

Качество ремонта машин и их двигателей оценивают, используя как объективные, так и субъективные методы. Цель испытания состоит в том, чтобы по результатам наблюдений за некоторым числом случайно отобранных объектов получить максимум полезной информации о надежности и долговечности всех машин, на основе которой можно было бы сделать выводы о средних сроках нормальной работы техники и о вероятности выхода ее из строя в тот или иной момент времени. Обе эти задачи могут быть решены в том случае, если известно распределение продолжительности исправной работы машины. Фактически это не соответствует действительности, в особенности

для современных машин со сменяемыми конструктивными элементами. Приработка сменяемых конструктивных элементов техники как операция технологического процесса того или иного вида технического обслуживания или ремонта совершается в крайне незначительных объемах и ко многим конструктивным элементам вовсе не относится [1-5].

В таблице 1 приведены характеристики по которым оценивается обслуживание

Таблица 1.

Характеристики оценивания обслуживания

№ п/п	Характеристики
1	Коэффициент простев машин на обслуживании и в его ожидании
2	Коэффициент загрузки средств технического обслуживания
3	Вероятность того, что потребовавшая технического обслуживания машина будет обслужена не позднее чем через заданный промежуток времени
4	Вероятность наличия в хозяйстве из общего числа машин на ходу

Анализ рекомендуемых критериев обоснования допускаемых значений и периодичности проверки параметров двигателей показал, что наиболее точно поставленная задача решается на основе технико-экономического критерия. Целевая функция, реализующая стохастический вариант технико-экономического критерия, имеет вид

$$G(D, t_M) = \min_{\Pi_H < D < \Pi_{\Pi} \leq t_m} \{ [AQ(D, t_M) + C[1 - Q(D, t_M)] + BK_{\Pi}(D, t_M) + S(D, t_M)] / [T_{\Phi}(D, t_M)] \}, \quad (1)$$

где  $G(D, t_M)$  – удельные эксплуатационные издержки в зависимости от допускаемого значения параметра  $D$ , периодичности проверки  $t_M$ ;  $A, C, B$  – издержки на устранение последствий отказа, плановое восстановление, диагностирование;  $K_{\Pi}$  – среднее число проверок за период эксплуатации элемента;  $S$  – непрерывные издержки, обусловленные изменением технико-



экономических показателей работы дизеля по мере изменения параметра;  $Q$  – вероятность отказа за период эксплуатации элемента;  $T_f$  – фактически используемый ресурс элемента;  $P_H, P_P$  – номинальное, предельное значения параметра.

Для параметров ходовой системы, коробки передач и некоторых других агрегатов машин это допущение можно считать справедливым, поскольку предельные зазоры вызывают повышенные стуки, увеличение вибрации, поломки деталей, т.е. имеют ярко выраженный симптом отказа. Параметры же двигателя, как правило, не имеют такой четкой взаимосвязи между предельным значением и конкретным симптомом, характеризующим его достижение [2-8].

Выражение (1), однако, не предполагает наличие в эксплуатации элементов с за пределами значениями параметров. Подобное расхождение теоретических предпосылок с практикой требует необходимости учета степени несовпадения момента наступления отказа с моментом устранения его последствий при обосновании допустимых значений и периодичности проверки параметров двигателей. В качестве количественной характеристики этого явления предлагается ввести показатель «вероятность обнаружения отказа», представляющий собой отношение числа выявленных отказов к общему числу отказавших в межконтрольный период элементов:

$$Q_{об} = n_B / (n_B + m), \quad (2)$$

где  $n_B$  – среднее число восстановлений исходного значения параметра в межконтрольном периоде;  $m$  – среднее число параметров, превысивших в момент контроля предельное значение более чем на 10%.

Вероятность одновременного наступления двух случайных событий (первое – отказ наступил, второе – он обнаружен) определяет вероятность устранения последствий отказа:

$$Q_y = Q \cdot Q_{об} + K_{Q \cdot Q_{об}}, \quad (3)$$

где  $K_{Q \cdot Q_{об}}$  – корреляционный момент.

Очевидно, что фактически используемый ресурс  $T_{\phi}$  выражения (1) также не совпадает с наработкой до момента реального восстановления, поскольку они отличаются на значение наработки элемента, эксплуатирующегося с запредельным значением параметра. Существенное отличие имеет и расчет непрерывных издержек. Если в выражении (1) они определялись по формуле :

$$S = aU'_A, \quad (4)$$

где  $a$  – коэффициент, связывающий приращение непрерывных издержек (потери от падения мощности двигателя, перерасхода топлива, масла и др.) при изменении параметра от номинального до предельного значения;  $U'_A$ - интегральное изменение совокупности одноименных параметров до предельного значения, то при условии, что значение параметра в эксплуатации может превосходить предельное, формула для определения непрерывных издержек примет вид:

$$S = cU'_B + (a - c)U'_A \frac{T_{\phi}}{T_B}, \quad (5)$$

где  $c$  – коэффициент, связывающий приращение непрерывных издержек при изменении параметра за предельное значение;  $U'_B$ - интегральное изменение совокупности одноименных параметров до значения, соответствующего реальному восстановлению.

Таким образом, обоснование допускаемых значений и периодичности проверки параметров двигателей корректней осуществлять на основании следующей целевой функции:

$$G(D, t_M) = \min\{[AQ_y(D, t_M) + C[1 - Q_y(D, t_M)] + \Pi_H < D < \Pi_{\Pi} \ 0 \leq t_M + BK_{\Pi}(D, t_M) + S(D, t_H, Q_{об})]/[T_B(D, t_M, Q_{об})]\} \quad (6)$$

где  $T_B$  – наработка до момента восстановления исходного значения параметра.

Лучшим способом получения такой информации являются длительные натурные испытания достаточно большой партии одинаковых объектов в течение времени, превышающего износостойкость основных деталей машин.

Выходя из строя, машины обнаруживают свои слабые места, определяя тем самым предельные значения выбраковочных признаков [5-8].

Характеристику надежности машины определяем по формуле:

$$\lambda_M(t) = \sum_{i=1}^{i=s} \lambda_i(t) + \sum_{j=1}^{j=z} \xi_j(t), \quad (7)$$

где  $\lambda_i(t)$  и  $\xi_j(t)$  – опасность отказов соответственно конструктивных и неконструктивных элементов.

Но неконструктивные элементы (смазка, окраска и др.) влияют на условия работы и эксплуатации конструктивных элементов и, следовательно,  $\lambda_i(t)$  есть функция от  $\xi_j(t)$ .

Таким образом, введение параметров  $\lambda_i(t)$  и  $\xi_j(t)$  не является оправданным, так как невозможно получить численных значений отдельно для  $\lambda_i(t)$  и  $\xi_j(t)$  и дать, основываясь на них, расчет или оценку надежности машины [9,10].

Предлагаемая для суммирования опасности отказов формула:

$$\sum_{t=0}^{t=T} \lambda_M(t) \cdot \Delta t == \sum_{t=0}^{t=T} \left[ \sum_{i=1}^{i=s} \lambda_i(t) + \sum_{j=1}^{j=z} \xi_j(t) \right] \Delta t \quad (8)$$

В таком виде теряет даже принятый ранее по формуле (1) смысл для  $\lambda(t)$ , так как в каждом частном случае при подсчете  $\lambda_M(t)$ ,  $\lambda_i(t)$  и  $\xi_j(t)$  их следует умножить на отрезок времени  $\Delta t$ . При этом:

$$\lambda_i(t) \cdot \Delta t = \frac{h(t)}{H(t) \cdot \Delta t} \Delta t = \frac{h(t)}{H(t)}. \quad (9)$$

Конечным результатом разнообразных исследований по износам машин является определение закономерностей нарастания износа и установления срока их службы. В научной и учебной литературе итоговые данные по износам обычно оформляются графиком, которым можно назвать классическим (рис.1).

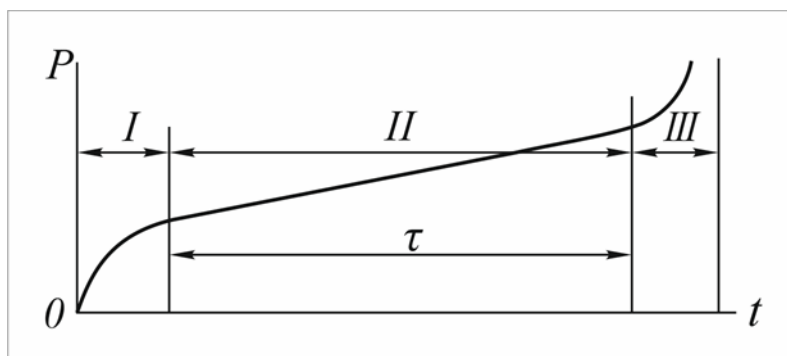


Рисунок 1. Общепринятое построение линии износа различных объектов

Физический износ каждой машины есть непрерывно протекающий процесс. Его составляющими являются износы всех элементов техники под воздействием нагрузок, возникающих при ее работе, транспортировке и хранении. Каждый из этих видов нагружения машины количественно растёт по мере старения техники и ни одна из его составляющих никогда не убывает, откуда следует, что по мере старения машины непрерывно растёт и общий его износ. То обстоятельство, что во многих случаях интенсивность работы, например трактора, то увеличивается (весенний период, зяблевая вспашка), то снижается (зимний период), не меняет положения, так как приостановка износа, ввиду отсутствия работы, не может снизить уже совершившийся износ. К тому же в период, когда машина не работает, продолжает расти износ, происходящий в процессе хранения.

В системе эксплуатационных мероприятий, связанных с повышением долговечности двигателей, важное место занимает контроль основных показателей работы и технического состояния двигателя в полевых условиях. Количественно надёжность определяется вероятностью выполнения задания в установленный срок при соответствующем качестве работы. Затем определяем интенсивность отказов, которая показывает, какая доля деталей от их общего числа выходит из строя за рассматриваемый промежуток времени. Таким образом можно отметить, что надёжность-важный показатель, но недостаточный для полной характеристики. Машину необходимо оценивать по

ремонтпригодности и долговечности. Потенциальные возможности сельскохозяйственной техники в новых условиях экономического хозяйствования могут быть реализованы только при четкой и слаженной работе подразделений инженерной службы хозяйств, обеспечивающих исправное ее состояние и эффективное использование.

Теория массового обслуживания показывает, что невозможно полностью избежать ситуаций, когда из-за нехватки машин теряется урожай. Это подтверждается практикой их использования. Однако методы оптимизации позволяют найти разумный компромисс между потерями урожая из-за нехватки машин и затратами на создание и эксплуатацию необходимого парка машин. В промышленности в принципе достижим сколь угодно высокий (близкий к единице) коэффициент использования техники, и повышение его приводит к значительному увеличению эффективности общественного производства. То есть использование техники (оборудования) в промышленности подчиняется законам регулярных систем, для которых эффективность функционирования непрерывно возрастает с ростом загрузки машин. Для оборудования установлена планово-профилактическая система технического обслуживания и капитального ремонта, направленная на предупреждение отказов. А если отказы и возникают, то для быстрого их устранения, как правило, существуют специальные службы.

Таким образом, в промышленности нецелесообразно резервирование оборудования, что определяется экономическими соображениями – дополнительными (и немалыми) затратами на производственные площади (здания) и монтаж оборудования.

Использование же техники в сельском хозяйстве подчиняется законам систем массового обслуживания. Эффективность работы таких систем с возрастанием их нагрузки сначала растет, но при достижении оптимального значения нагрузки падает (нагрузка в данном случае характеризуется коэффициентом загрузки техники, который представляет собой отношение реальной годовой

выработки техники к теоретически возможной то есть при условии работы техники без простоев и с максимальной нагрузкой.

В сельском же хозяйстве потребность в машинах возникает в случайные моменты времени (что подтверждается и приведенным выше примером) и может быть разной. Отказы машин устраняют по мере их возникновения, причем между моментом возникновения и устранения отказа, как правило, проходит немало времени. Указанные факторы обуславливают целесообразность резервирования парка машин. Различают два вида резервирования: «холодное» (часть машин не используется до возникновения в них потребности) и «теплое» (часть машин используется на вспомогательных - транспортных работах, а при необходимости быстро переключается на выполнение основных работ). Отмеченные особенности использования техники в сельском хозяйстве часто игнорируются, что приводит к серьезным просчетам, в частности к значительным потерям урожая. Необходимо найти такие формы использования машин, при которых резервирование парка машин не снижает уровня механизации сельскохозяйственных работ. Возможны два пути: первый - значительное увеличение выпуска машин при сохранении нормативных сроков их службы, второй - повышение сроков службы машин при сохранении или малом увеличении темпов их производства и поставки в сельское хозяйство. Второй путь наиболее реален. Увеличение затрат на ремонт машин будет не столь значительным, так как благодаря резерву машин средние затраты на ремонт и техническое обслуживание одной машины уменьшаются. Для оценки сроков службы машин возьмем выражение, используемое для определения суммарных затрат  $f$  в системе массового обслуживания с учетом потерь от нехватки техники:

$$F = \frac{ar}{1-r} + \frac{c}{r} \quad (1)$$

где  $a$  - стоимость потерь в единицу времени (год), обусловленных отсутствием (нехваткой) машин;  $c$  - минимальные годовые затраты на создание

парка и эксплуатацию машин;  $\gamma$  -коэффициент загрузки, машин, равный 0,65 (оптимальное значение).

Применительно к сельскому хозяйству первое слагаемое в формуле - потери урожая, обусловленные нехваткой машин в требуемый момент времени; второе техническое обслуживание машин реальные затраты на приобретение, ремонт и техническое обслуживание машин.

При увеличении наработки парка машин на 5 %, затраты на их эксплуатацию возрастут лишь на 1%, в то время как затраты на эксплуатацию одной машины в настоящее время прямо пропорциональны ее возрасту. Такое расхождение обусловлено профилактическим характером ремонтных воздействий на машины. При значительном увеличении парка машин (оценки, аналогичные изложенным выше, показывают, что при увеличении срока службы на четыре года число машин возрастет в 1,5 раза), доля профилактических воздействий на них уменьшается. Если учесть, что увеличение парка машин будет сопровождаться уменьшением годовой наработки и возрастанием их надежности, то можно ожидать, что рост затрат на эксплуатацию в зависимости от возраста машин будет аналогичен росту затрат на эксплуатацию парка машин в зависимости от увеличения его наработки. Таким образом, можно принять, что при увеличении среднего срока службы в 1,5 раза затраты на эксплуатацию отдельной машины возрастут на 10 %, то есть в 1,1 раза.

### **Вывод**

Увеличение нормативных сроков службы машин одно из основных направлений повышения эффективности их использования в сельском хозяйстве. Увеличение срока службы машин на два года экономически оправдано даже при неизменном уровне надежности машин и сохранении правил их эксплуатации (использования, технического обслуживания и ремонта). Следует считать перспективными работы по моделированию систем использования, технического обслуживания и ремонта машин и разработке способов восстановления, обеспечивающих ресурс их деталей выше, чем у

новых. На основе внедрения этих способов можно значительно повысить сроки службы машин и эффективность их использования.

### Литература

1. Болдарук, Д. Ю. Основные направления инновационной деятельности в картофелеводстве / Д. Ю. Болдарук, Д. В. Ходос. – Текст : непосредственный // Взгляд молодых учёных на техническую и технологическую модернизацию АПК : материалы международной научно–практической конференции молодых ученых. – Великие Луки, 2013. – С. 99–102.
2. Коробейников, М.М. Пути совершенствования процесса инвестирования сельского хозяйства.// ЭКО. – 2001. № 12.
3. Кокиева, Г.Е., Друзьянова, В.П. Автоматизация расчёта экономической эффективности получения гранулированных кормов/Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 3. С. 66-68
4. Кондрашов, А. В. Анализ машинных технологий уборки картофеля / А. В. Кондрашов, П. В. Ефимов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 11.3 (145.3). — С. 23-25.
5. Малецкий, Е.Г. Место и роль инвестиций в аграрной сфере. // Достижения науки и техники в АПК. – 2001. № 7.
6. Малецкий, Е.Г. О роли инвестиций в повышении эффективности сельского хозяйства.// Экономика сельского хозяйства и перерабатывающих предприятий. – 2001. № 9.
7. Маслак, И.Н., Бунтовский, С.Ю. Развитие агропромышленного комплекса России в условиях санкций: перспективы и проблемы / И.Н. Маслак, С.Ю. Бунтовский // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2017. – №5-1. – С. 144-147
8. Мартиросян, Ю.Ц. Аэропонные технологии в первичном семеноводстве картофеля – перспективы и преимущества / Ю. Ц. Мартиросян. – Текст : непосредственный // Картофелеводство / Всероссийский научно-



исследовательский институт картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха. – Москва, 2014. – С. 175–179

9. Новицкий, Н.И. Организация производства на предприятиях [Текст]: Учеб.-метод. пособие. - Москва: Финансы и статистика, 2004. с.237-254.
10. Топсахалова, Ф.М. Совершенствование механизма инвестирования как условие повышения привлекательности сельского хозяйства. // Финансы и кредит. – 2003. № 1.

### References

1. Boldaruk, D. Yu. The main directions of innovation activity in potato growing / D. Yu. Boldaruk, D. V. Khodos. – Text : direct // The view of young scientists on the technical and technological modernization of the agro–industrial complex: materials of the international scientific and practical conference of young scientists. – Velikiye Luki, 2013. – pp. 99-102.
2. Korobeynikov, M.M. Ways to improve the process of investing in agriculture.// ECO. – 2001. № 12.
3. Kokieva, G.E., Druzyanova, V.P. Automation of calculating the economic efficiency of obtaining granular feed/Scientific and Technical Bulletin of the Volga region. 2020. No. 3. pp. 66-68
4. Kondrashov, A.V. Analysis of machine technologies of potato harvesting / A.V. Kondrashov, P. V. Efimov. — Text : direct // Young scientist. — 2017. — № 11.3 (145.3). — Pp. 23-25.
5. Maletsky, E.G. The place and role of investments in the agricultural sector. // Achievements of science and technology in agriculture. – 2001. № 7.
6. Maletsky, E.G. On the role of investments in improving the efficiency of agriculture.// Economics of agriculture and processing enterprises. – 2001. № 9.
7. Maslak, I.N., Buntovsky, S.Yu. Development of the agro–industrial complex of Russia under sanctions: prospects and problems / I.N. Maslak, S.Yu. Buntovsky // Actual problems of humanities and natural sciences. – 2017. - №5-1. – pp. 144-147

8. Martirosyan, Yu.Ts. Aeroponic technologies in primary potato seed production – prospects and advantages / Yu. Ts. Martirosyan. – Text : direct // Potato growing / All-Russian Scientific Research Institute of Potato Farming named after A. G. Lorkh. – Moscow, 2014. – pp. 175-179
9. Novitsky, N.I. Organization of production at enterprises [Text]: Textbook-method. stipend. - Moscow: Finance and Statistics, 2004. pp.237-254.
10. Topsakhalova, F.M. Improvement of the investment mechanism as a condition for increasing the attractiveness of agriculture. // Finance and Credit. – 2003. № 1.

© Кокиева Г.Е., 2023 Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №6/2023.

**Для цитирования:** Кокиева Г.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ АПК // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №6/2023.