

УДК 631.171

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-129-136

Г.А. Иовлев, ✉
И.И. Голдина,
В.С. Зорков

Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ gri-iovlev@yandex.ru

Поступила в редакцию:
16.01.2023

Одобрена после рецензирования:
10.02.2023

Принята к публикации:
30.03.2023

Техническая и экономическая оценка систем технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Эффективность сельскохозяйственного производства во многом зависит от технического состояния парка сельскохозяйственной техники. Техническое состояние в свою очередь зависит от многих факторов, определяющих уровень эксплуатации техники. Одним из важнейших факторов, определяющих надежность сельскохозяйственной техники, затраты по восстановлению и поддержанию работоспособного состояния сельскохозяйственных машин, является периодичность технического обслуживания. В результате исследований, проводимых в сельскохозяйственных организациях региона, было выявлено, что инженерно-технические службы при организации технического обслуживания и ремонта (ТОиР) используют отмененные ГОСТ, ссылаясь на то, что отечественная техника, ее надежность и работоспособность не способны восстанавливаться при периодичности 125 мото-часов. Поэтому целью данного исследования является определение влияния периодичности ТОиР на сохранение ресурса и показатель скорости изменения ресурса, производительность машинно-тракторного агрегата (МТА), расход топлива, на затраты по восстановлению и поддержанию работоспособного состояния сельскохозяйственных тракторов.

Методы. В исследовании использовались следующие методы: нормативный, статистический, экспертных оценок, экспериментальный, расчетно-конструктивный, экономико-математические. Для экономического обоснования периодичности технических воздействий сельскохозяйственной техники использовались статистические данные с сельскохозяйственных организаций, были использованы ГОСТ, регламентирующие техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники.

Результаты. Система технического обслуживания и ремонта, регламентированная ГОСТ 20793-2009, отвечает требованиям технической и производственной эксплуатации тракторов. Тяговые свойства тракторов выше на 0,7%, удельный расход топлива при выполнении сельскохозяйственных технологических операций ниже на 0,5%, трудозатраты на поддержание и восстановление технической готовности ниже на 13,8%.

Ключевые слова: эффективность, техническое состояние, эксплуатация, периодичность, производительность, трудоемкость, наработка, тяговые свойства

Для цитирования: Иовлев Г.А., Голдина И.И., Зорков В.С. Техническая и экономическая оценка систем технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники. *Аграрная наука*. 2023; 369(4): 129–136. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-129-136>

© Иовлев Г.А., Голдина И.И., Зорков В.С.

Technical and economic assessment of maintenance and repair systems of agricultural machinery

ABSTRACT

Relevance. The efficiency of agricultural production largely depends on the technical condition of the agricultural machinery fleet. The technical condition, in turn, depends on many factors that determine the level of operation of the equipment. One of the most important factors determining the reliability of agricultural machinery, the cost of restoring and maintaining the working condition of agricultural machinery is the frequency of maintenance. As a result of studies conducted in the agricultural organizations of the region, it was revealed that engineering and technical services, when organizing maintenance and repair (TO and R), use canceled GOST, referring to the fact that domestic equipment, its reliability and performance are not able to recover when frequency of 125 hours. Therefore, the purpose of this study is to determine the effect of the frequency of maintenance and repair on the preservation of the resource and the indicator of the rate of change of the resource, on the performance of the machine-tractor unit (MTA), on fuel consumption, on the costs of restoring and maintaining the working condition of agricultural tractors.

Methods. The following methods were used in the study: normative, statistical, expert assessments, experimental, calculation-constructive, economic-mathematical methods. For the economic justification of the periodicity of technical impacts of agricultural machinery, statistical data from agricultural organizations were used. GOST regulating the maintenance and repair of agricultural machinery were used.

Results. The maintenance and repair system, regulated by GOST 20793-2009, meets the requirements of technical and production operation of tractors. Traction properties of tractors are higher by 0.7%, specific fuel consumption during agricultural technological operations is lower by 0.5%, labor costs for maintaining and restoring technical readiness are lower by 13.8%.

Key words: efficiency, technical condition, operation, frequency, productivity, labor intensity, operating time, traction properties

For citation: Iovlev G.A., Goldina I.I., Zorkov V.S. Technical and economic assessment of maintenance and repair systems of agricultural machinery. *Agrarian science*. 2023; 369(4): 129–136. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-129-136> (In Russian).

© Iovlev G.A., Goldina I.I., Zorkoff V.S.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-129-136

Gregory A. Iovlev, ✉
Irina I. Goldina,
Vladimir S. Zorkov

Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ gri-iovlev@yandex.ru

Received by the editorial office:
16.01.2023

Accepted in revised:
10.02.2023

Accepted for publication:
30.03.2023

Введение / Introduction

Эффективность сельскохозяйственного производства во многом зависит от технического состояния, имеющегося парка сельскохозяйственных машин, его надежности, работоспособности. Техническое состояние в свою очередь зависит от возраста техники, уровня эксплуатации. В показателях, определяющих уровень эксплуатации, важное значение имеет показатель «периодичность технического обслуживания», который влияет на изменение показателей надежности сельскохозяйственной техники и затраты по восстановлению и поддержанию работоспособного состояния сельскохозяйственных машин.

Существующая система технического обслуживания (ТО) введена с 01.05.2011 [1] взамен системы ТО, регламентированной ГОСТ 20793-86, действующей с 01.01.1988 [2], и более ранних систем технического обслуживания, регламентированных ГОСТ 20793-81 и ГОСТ 20793-84. При введении новой системы ТО предполагалось, что с развитием научно-технического прогресса, технологий и оборудования в сельхозмашиностроении, с появлением нового поколения тракторов, комбайнов, автомобилей, зарубежной техники, нового поколения масел повысится технический уровень тракторов и другой сельскохозяйственной техники.

Во многих источниках, исследованиях ученых говорится о том, что существующая система технического обслуживания введена для тракторов выпуска 1982 г. и более поздних лет, но в ГОСТ 20793-2009, в Разделе 1 «Область применения», прописано: «Настоящий стандарт распространяется на все сельскохозяйственные тракторы, самоходные шасси (далее — тракторы) и сельскохозяйственные машины (далее — машины), находящиеся в эксплуатации». В ГОСТ 20793-86 эти требования были прописаны более жестко в абзаце «Несоблюдение стандарта преследуется по закону».

Вопросами оценки систем технического обслуживания и ремонта (ТОиР) сельскохозяйственной техники, вопросами организации ТОиР занимались и занимаются многие исследователи, в том числе и авторы [9]. Представим наиболее значимые, на наш взгляд, направления исследования по этому вопросу.

Основными и наиболее значимыми являются исследования В.А. Казаковой, В.А. Шинкевича, А.В. Дунаева [1, 2], где они рассматривают историю развития стандартов, определяющих организацию и проведение ТОиР МТП, необходимость пересмотра межгосударственного стандарта ГОСТ 20793 с целью повышения эффективности ТО сельскохозяйственных тракторов и других самоходных сельскохозяйственных машин в условиях их эксплуатации за счет оптимизации периодичности работ, реализации экспресс-контроля смазочных масел, использования встроенных систем диагностирования, органолептического диагностирования по качественным признакам, а также введение в моторные и трансмиссионные масла агрегатов машин по специальной технологии, ремонтно-восстановительных трибоставов.

П.Н. Кузнецов, В.В. Хатунцев, О.Н. Грекова [3] рассмотрели влияние технических регламентов на техническое обслуживание сельскохозяйственной техники — начиная с Руководства пользователя и заканчивая Техническим регламентом Таможенного союза.

Представляет определенный интерес исследование А.В. Дунаева, В.Е. Тарасенко [4], в котором авторы анализируют и переосмысливают «наработки профессора В.М. Михлина», в том числе и формулу по определению

остаточного ресурса. Они информируют об эффективности оптимизации величин допускаемых значений диагностических параметров, об улучшении показателей качества работы объектов контроля через нетрадиционную триботехнику, об обосновании допускаемых и предельных величин «диагностических параметров... для современной техники». Сообщают о важности обоснования «предельных величин» по сравнению с допускаемыми, о бортовых системах «контроля, которые выдают необычный и широкий спектр диагностических показателей и признаков в цифровой и символьной форме». «Это дает возможность непосредственно оперативнее и эффективнее управлять техническим обслуживанием и ремонтом машин без использования абстрактных теорий прошлого века. Этому должны соответствовать и новые технологии технической эксплуатации МТП».

Исследователи Н.К. Козар, А.Н. Козар [5] делают вывод, что «планирование технического обслуживания сельскохозяйственной техники основано на типе модели обслуживания, стратегии и оптимизации. Используя математическую статистику и теорию массового обслуживания, необходимо определить проблемы, связанные с оптимизацией технического обслуживания». Рассматривают параметры технического обслуживания, такие как интенсивность заказов на техническое обслуживание (λ), интенсивность выполненного технического обслуживания (μ), утверждают, что «для системы технического обслуживания запрос на техническое обслуживание может рассматриваться как основной фактор. Частота запросов зависит от интенсивности сельскохозяйственной деятельности». Кроме того, рассмотрены модели теории массового обслуживания.

Группа авторов (С.Л. Никитченко, С.В. Смыков, Д.В. Гринченков, Н.А. Лесник, Н.П. Алексенко, А.В. Котович, И.А. Олейникова) [6–8] заявляют, что «сложность современной сельскохозяйственной техники предъявляет особые требования к своевременности проведения технического обслуживания (ТО) и соблюдению регламента его содержания». Отмечают, что «здесь требуется комплексный подход, предполагающий еще и оснащение рабочих мест ИТР предприятий инструментами управления в виде специализированного программного обеспечения» [6], «для инженерной деятельности в области управления эксплуатацией МТП сегодня важно разработать комплекс автоматизированных рабочих мест (АРМ) с единой базой данных» [7]. Кроме того, обозначают, что в стандартах ГОСТ 20793-2009, ГОСТ 27388-87, ГОСТ 2.601-2006, регламентирующих «подход к управлению ТО и ремонтом МТП», не установлены требования «к системам информационного обеспечения (ИО) процессов ТО и ремонта машин», в своих рекомендациях отмечают, что «в целях укрепления технической дисциплины в период всего этапа эксплуатации сельскохозяйственной техники необходим отраслевой стандарт или руководящий документ (РД), который раскрывает суть системы ИО процессов технической эксплуатации МТП на уровне сельскохозяйственных предприятий и устанавливает единые требования на участие фирм — изготовителей сельскохозяйственной техники и исполнителей сервисных работ в формировании баз данных для системы ИО» [8].

В.Н. Хабардин [10] констатировал, что «определение сроков технического обслуживания (ТО) машин — основная задача теории и практики их технической эксплуатации». Предложил «способ определения сроков ТО машины по результатам оценки и прогнозирования качества масла в ее двигателе. В его основе — компью-

терный контроль качества масла в двигателе и прогнозирование его остаточного ресурса».

С учетом обзора изученных источников, данных, полученных при проведении исследований в сельскохозяйственных организациях, тема представляет определенный интерес как для теоретических исследований, так и для практического применения.

Цель работы — определение влияния периодичности технического обслуживания и ремонта (ТОиР) на сохранение ресурса и показатель скорости изменения ресурса, на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА), расход топлива, затраты по восстановлению и поддержанию работоспособного состояния сельскохозяйственных тракторов.

Материал и методы исследования /

Material and methods

При проведении исследований по теме «Износ: определение, практическое значение для организации технического обслуживания и ремонта» в сельскохозяйственных предприятиях Свердловской области авторы столкнулись с тем, что для отечественной техники при создании ТОиР специалисты используют ГОСТ 20793-86, то есть для ТО-1 (техническое обслуживание № 1) тракторов периодичность 60 мото-часов, для зарубежной техники используют рекомендации завода-изготовителя или ГОСТ 20793-2009.

Объектами исследования являются системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) сельскохозяйственной техники. Для экономического обоснования периодичности технических воздействий сельскохозяйственной техники были использованы статистические данные сельскохозяйственных организаций, ГОСТы, регламентирующие техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники, а также следующие методы: нормативный, статистический, экспертных оценок, экспериментальный, расчетно-конструктивный, экономико-математические.

Результаты и обсуждение /

Results and discussion

В нормативно-технической документации (НТД), справочной литературе по настоящее время имеется много неточностей, некорректных справочных данных по периодичности, трудоемкости технических воздействий. Если по мото-часам всё понятно — 60 и 125, то данные периодичности по расходу топлива, особенно по эталонным гектарам (эт. га), вызывают большое сомнение. Это относится к тракторам нового поколения Минского тракторного завода, тракторам 5-й и 7-й серий Петербургского тракторного завода. Пункт 4.5 межгосударственного стандарта ГОСТ 20793-2009 «Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. Agricultural tractors and machines. Maintenance», изданного в Москве издательством «Стандартинформ» в 2020 году, гласит: «Допускается указывать периодичность ТО в других единицах, эквивалентных наработке (количество израсходованного дизельного топлива для тракторов, комбайнов и сложных самоходных машин, физические или условные эталонные гектары, килограммы или тонны выработанной продукции и пр.)». В разных источниках периодичность ТО-1 по расходу топлива для трактора МТЗ-82 составляет от 1050 до 1275 л, для трактора К-701 — от 4400 до 4800 л и т. д.

Значительно больше вопросов возникает к периодичности ТО, выраженной в эталонных гектарах (в ГОСТ 20793-2009 «условный эталонный гектар»). Начнем с определения эталонного гектара. Это объем работ, соответствующий вспашке 1 га эталонным трактором в эталонных условиях. До 2012 года за эталонный был принят трактор, обеспечивающий вспашку 1 га в эталонных условиях за 1 час сменного времени — ДТ-75 (в производственных условиях за эталонный считали более современный трактор ДТ-75М). В соответствии с методикой [11, с. 5] с 2012 года «в качестве эталонной единицы принят условный трактор ТЭ-150 (близкий по параметрам к трактору Т-150-05-09)». Представленные эталонные тракторы обработают 1 га за разное время, то есть часовая выработка пахотных агрегатов будет разной, а количество мото-часов у этих тракторов — практически одинаковым, так как мото-час — это работа двигателя в течение часа на номинальных оборотах с определенной нагрузкой. Периодичность ТО-1 в эталонных гектарах варьирует от 100 до 112 для трактора МТЗ-82, от 375 до 400 — для К-701.

В настоящее время, зная часовую производительность пахотного агрегата (а это как раз один мото-час работы двигателя), можно определить периодичность в эталонных гектарах. Для трактора К-744Р1 периодичность ТО-1 — 340 эт. га.

Соответственно, изменилась трудоемкость технического обслуживания. При системе ТОиР, организованной в соответствии с ГОСТ 20793-2009, трудоемкость ТО для тракторов разных тяговых классов конструктивного исполнения в зависимости от вида ТО увеличилась от 0,3% (ТО-3 BELARUS-1221) до 49,1% (ТО-1 К-701).

Трудоемкость технических воздействий возрастет в результате более значительного изменения параметров, определяющих надежность и работоспособность, при увеличенной периодичности технического обслуживания. Основные сопряжения и параметры, на которые будет оказывать влияние разная периодичность ТО: кривошипно-шатунный механизм (износ коренных и шатунных шеек, зазор — коренные (шатунные) шейки-подшипники); газораспределительный механизм (зазор между коромыслом и клапаном); мощность двигателя.

Представим расчеты по влиянию периодичности на изменение ресурса двигателя Д-243 трактора МТЗ-82. В таблице 1 представлена характеристика параметров мощности двигателя.

Для определения влияния периодичности на изменение ресурса двигателя Д-243 представим расчеты скорости снижения показателя мощности при наработке до ТР.

При периодичности 60 мото-часов: $V = 3/1920 = 0,00156$ кВт/мото-час. При периодичности 125 мото-часов: $V = 3/2000 = 0,0015$ кВт/мото-час.

При наработке 60 мото-часов снижение мощности двигателя составит 0,0936 кВт, после проведения ТО-1 — мощность 59,9 кВт, при наработке следующих 60 мото-часов произойдет снижение мощности, после проведения ТО-1 мощность восстановится до 59,8 кВт. При наработ-

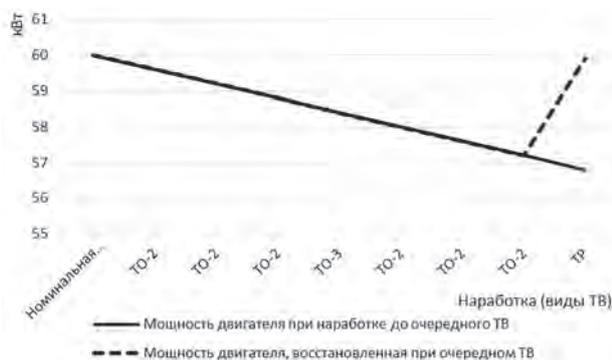
Таблица 1. Показатели параметров мощности двигателя Д-243

Table 1. Indicators of power parameters of the D-243 engine

Марка двигателя	Параметры мощности, кВт		
	номинальная	предельная	допустимая при КР/ТР
Д-243	60	56	58,7/57

Рис. 1. Мощность двигателя при периодичности технических воздействий 60 мото-часов

Fig. 1. Engine power at the frequency of technical impacts 60 engine hours



ке 180 мото-часов — до 59,7 кВт, при 240 мото-часов — до 59,6 кВт, при наработке 125 мото-часов снижение мощности двигателя составит 0,1875 кВт, мощность двигателя будет 59,8 кВт, после проведения ТО-1 — 59,9 кВт. После наработки следующих 125 мото-часов мощность двигателя снизится до 59,7 кВт, после проведения ТО-1 мощность составит 59,8 кВт.

Аналогичные расчеты произведены для тракторов с периодичностью технических воздействий 60 и 125 мото-часов до наработки 1920 (ТР при периодичности 60 мото-часов) и 2000 мото-часов (ТР при периодичности 125 мото-часов). Результаты расчетов представим на рисунках 1, 2.

Из информации (рис. 1) видно, что мощность двигателя, уменьшившаяся за наработку в 60 мото-часов, восстанавливается практически в полном объеме за счет профилактических технологических операций, направленных на поддержание работоспособности двигателя, таких как регулировка газораспределительного механизма, форсунок, топливного насоса, замены топливных и воздушных фильтров и т. д. Мощность двигателя в процессе эксплуатации (независимо от профилактических мероприятий) снижается в результате износа цилиндро-поршневой группы, коленчатого вала, изменения фаз газораспределения.

Необходимо отметить, что при наработке до текущего ремонта (ТР) (1920 мото-часов) показатель мощности выходит за параметр «допустимая мощность при ТР» — 57 кВт. При проведении ТР мощность двигателя восстанавливается до 59,9 кВт.

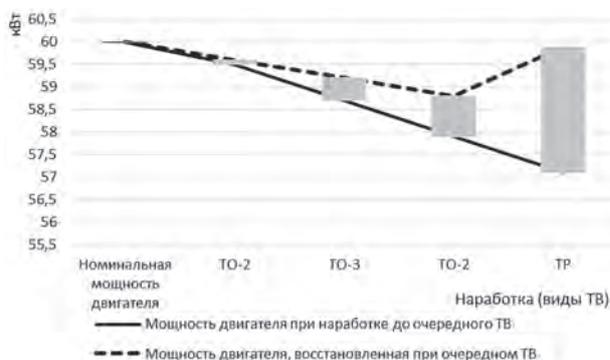
Из информации (рис. 2) видно, что при периодичности технических воздействий 125 мото-часов наблюдается более значительное отличие показателей мощности двигателя при увеличении наработки от показателей мощности, восстановленной при ТО. При ТО-2 (500 мото-часов) — 0,1 кВт, при ТО-2 (1500 мото-часов) — 0,9 кВт, при выполнении ТР — 2,8 кВт. Данное отличие представлено заштрихованной областью.

При периодичности ТВ 125 мото-часов показатель мощности не выходит за параметр «допустимая мощность при ТР», то есть для восстановления мощности двигателя, кроме технологических операций, направленных на поддержание работоспособности, необходимо использовать технологические операции, направленные на восстановление работоспособности.

К таким операциям, выполняемым при текущем ремонте, можно отнести замену распылителей в форсунках, плунжерных пар в топливных насосах, шлифовку се-

Рис. 2. Мощность двигателя при периодичности технических воздействий 125 мото-часов

Fig. 2. Engine power at the frequency of technical impacts 125 engine hours



дел и тарелок клапанов ГРМ, замену прокладки головки блока и другие технологические операции. Все операции по восстановлению работоспособности двигателя требуют дополнительных финансовых вложений. Дополнительные затраты при использовании периодичности 125 мото-часов составят 17,4 тыс. руб. (по данным одной из сельскохозяйственных организаций), при затратах средств на техническое обслуживание и ремонт единицы сельскохозяйственной техники — 155 тыс. руб. [12].

Изменение мощности двигателя приводит к изменению тяговых свойств трактора (1).

$$N_H = \frac{(P_{KP}^H + f m_{\Sigma} g) V_I}{\eta_{TP} \eta_{ДВ} Z_{\Sigma}} \quad (1)$$

где P_{KP}^H — номинальное тяговое усилие, Н; f — коэффициент сопротивления качению, $f = 0,05$; m_{Σ} — эксплуатационная масса, кг; V_I — скорость на 1-й передаче, км/ч; η_{TP} — КПД трансмиссии, $\eta_{TP} = 0,91$; $\eta_{ДВ}$ — КПД двигателя, $\eta_{ДВ} = 0,95$; Z_{Σ} — коэффициент загрузки двигателя, $Z_{\Sigma} = 0,85-0,9$; g — ускорение свободного падения, м/с².

Сделав преобразования формулы 1, получим:

$$P_{KP}^H = \frac{N_H \eta_{TP} \eta_{ДВ} Z_{\Sigma}}{V_I} - f m_{\Sigma} g \quad (2)$$

Расчеты по изменению тяговых свойств трактора с увеличением наработки при периодичности 60 и 125 мото-часов представлены на рисунке 3.

Рис. 3. Изменение тяговых свойств трактора с увеличением наработки при периодичности 60 и 125 мото-часов

Fig. 3. Change in the traction properties of the tractor with an increase in operating time at a frequency of 60 and 125 engine hours

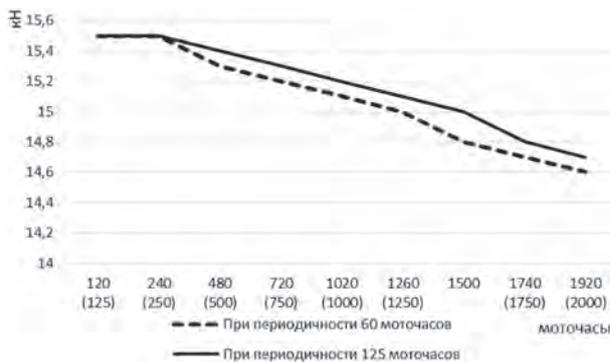


Таблица 2. Тяговые усилия при различных показателях мощности двигателя в зависимости от наработки

Table 2. Traction efforts at various engine power indicators depending on the operating time

Рабочие передачи, км/ч	Тяговые усилия при различных вариантах наработки, кН							
	При номинальной мощности двигателя	ТО-1 (60 мото-часов, 125 мото-часов)	ТО-2		ТО-3		ТР	
			240 мото-часов	500 мото-часов	960 мото-часов	1000 мото-часов	1920 мото-часов	2000 мото-часов
2* 4,38	15,7	15,5	15,5	15,4	15,1	15,2	14,6	14,7
3** 5,63	14,8	14,6	14,6	14,5	14,2	14,3	13,8	13,9
4** 6,92	13,9	13,7	13,7	13,6	13,4	13,5	12,9	13,0
3* 7,44	13,6	13,4	13,4	13,3	13,0	13,1	12,6	12,7
5** 8,19	13,0	12,9	12,9	12,8	12,5	12,6	12,1	12,2
4* 9,15	12,4	12,2	12,2	12,1	11,9	11,9	11,5	11,6
6** 9,59	12,0	11,9	11,9	11,8	11,6	11,7	11,2	11,3
5* 10,83	11,2	11,0	11,0	10,9	10,7	10,8	10,4	10,4
7** 11,78	10,5	10,4	10,4	10,3	10,1	10,2	9,76	9,83
6* 12,67	9,9	9,7	9,7	9,7	9,5	9,56	9,18	9,24
8** 13,95	9,0	8,86	8,86	8,8	8,63	8,69	8,34	8,4

* — рабочие передачи без понижающего редуктора;

** — рабочие передачи с понижающим редуктором.

Тяговые свойства трактора при периодичности ТО 60 мото-часов снизились при наработке до ТР (1960 мото-часов) на 5,8%, при периодичности ТО 125 мото-часов снизились при наработке до ТР (2000 мото-часов) на 5,2%.

Для определения влияния изменившихся показателей мощности двигателя, тяговых свойств на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА), удельный расход топлива установим тяговые усилия трактора МТЗ-82 на различных рабочих передачах. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Для оценки влияния периодичности и наработки на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА), на расход топлива произведем расчеты по формированию МТА для выполнения технологической операции «культивация».

Исходные данные для расчетов: удельное сопротивление — 1,7 кН/м, коэффициент сопротивления перекачиванию — 0,15, запас тягового усилия — 7,5%. При расчетах необходимо выбирать более высокие скорости в соответствии с агротехническими требованиями.

Тяговое сопротивление агрегата определяется по формуле:

$$R_a = R_M + R_f,$$

где R_M — тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, кН; R_f — сопротивление перекачиванию сельскохозяйственной машины, кН.

Для культиватора КПС-4:

$$R_a = 4 \cdot 1,7 + 0,15 \cdot 8,73 = 6,8 + 1,31 \text{ кН} = 8,11 \text{ кН}.$$

Часовую производительность определим по формуле:

$$W_q = e B_p V_p = e \xi_B \xi_V \tau B_a V_T, \quad (3)$$

где e — коэффициент, учитывающий единицы измерения скорости движения агрегата, $e = 0,1$; B_p — рабочая ширина захвата агрегата, м; $B_p = \xi_B B_a$, где ξ_B — коэффициент использования ширины захвата, учитывает

отличие рабочей ширины захвата от конструктивной, $\xi_B = B_p/B_a$; при поверхностной обработке $\xi_B = 0,95-0,96$; V_p — рабочая скорость движения агрегата, км/ч; $V_p = \xi_V V_T$, где V_T — коэффициент использования скорости, $\xi_V = V_p/V_T$, $\xi_V = 0,77$ — для тракторов класса 1,4–2 тс; τ — коэффициент использования времени смены, $\tau = T_p/T_{CM}$, где T_p — время чистой (полезной) работы, ч; T_{CM} — общая продолжительность смены, ч.; при хорошей организации труда и нормальных условиях эксплуатации $\tau = 0,7-0,8$.

Расчет расхода топлива:

$$g_{га} = \frac{G_{Т.Р} + G_{Т.П} + G_{Т.ПЕР} + G_{Т.ХД}}{W_q}, \quad (4)$$

где $G_{Т.Р}$, $G_{Т.П}$, $G_{Т.ПЕР}$, $G_{Т.ХД}$ — средние часовые расходы топлива в течение смены (кг/ч) при выполнении основной (чистой) работы, холостых ходов на поворотах, переездах и во время холостой работы двигателя (во время остановок агрегата с работающим двигателем). Средние часовые расходы топлива принимаются по справочным данным или расчетным путем через удельный расход топлива на 1 эф. л. с. и степень загрузки двигателя.

Тяговое сопротивление культиватора соответствует тяговому усилию на передаче 8^{ПОИ} (13,95 км/ч) с тяговым усилием 9 кН с запасом тягового усилия:

$$W_q = 0,1 \cdot 0,955 \cdot 0,77 \cdot 13,95 \cdot 0,75 = 3,08 \text{ га/ч}$$

$$g_{га} = \frac{12,75 \cdot 0,75 + 7 \cdot 0,25}{3,08} = \frac{9,56 + 1,75}{3,08} = 3,67 \text{ кг/га}$$

При наработке до ТО-1 и ТО-2 при периодичности 60 мото-часов, до ТО-1 и ТО-2 при периодичности 125 мото-часов трактор способен выполнять технологическую операцию на этой же передаче с тяговым усилием 8,86 кН, 8,8 кН, но с повышенным расходом топлива.

При наработке до ТО-3 при периодичности 60 и 125 мото-часов тяговое сопротивление культиватора соот-

ветствует тяговому усилию на передаче 6^{пов} (12,67 км/ч) с тяговым усилием 9,5 кН и 9,56 кН, соответственно, с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \cdot 0,955 \cdot 0,77 \cdot 12,67 \cdot 0,75 = 2,79 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{га}} = \frac{13,1 \cdot 0,75 + 7,19 \cdot 0,25}{2,79} = \frac{9,82 + 1,8}{2,79} = 4,16 \text{ кг/га}$$

При наработке до ТР при периодичности 60 и 125 мото-часов трактор способен выполнять технологическую операцию на этой же передаче — 6^{пов} (12,67 км/ч) с тяговым усилием 9,18 кН и 9,24 кН соответственно, с запасом тягового усилия и повышенным расходом топлива.

Результаты расчетов производительности и удельного расхода топлива в зависимости от наработки и периодичности представлены на рисунке 4. Из информации видно, что на производительность МТА периодичность технического обслуживания и ремонта практически не оказывает влияния, но по мере наработки до ТР производительность снижается с 3,08 до 2,79 га/ч, то есть снижается на 9,4%. Расход топлива начинает отличаться только при наработке, приближающейся к ТО-3. При периодичности 60 мото-часов расход топлива к наработке 960 и 1920 мото-часов увеличился, соответственно, на 13,3% и 16,6%, при периодичности 125 мото-часов расход топлива к наработке 1000 и 2000 мото-часов увеличился, соответственно, на 12,8% и 16,1%.

Затраты по восстановлению и поддержанию работоспособного состояния сельскохозяйственных тракторов также различны при разных системах ТО (с периодичностью 60 и 125 мото-часов). Так, затраты труда при периодичности 60 мото-часов при наработке до ТР (1960 мото-часов) составят 322 человеко-часа, при периодичности 125 мото-часов при наработке до ТР (2000 мото-часов) — 277,5 человеко-часа (Постановление Министерства труда Российской Федерации от 19 декабря 1995 года № 70 «Об утверждении Межотраслевых укрупненных норм времени на ремонт тракторов (гусеничных, колесных) с тяговым усилием от 3 тс (30 кН) до 6 тс (60 кН) и техническое обслуживание тракторов с тяговым усилием от 0,6 тс (6 кН) до 6 тс (60 кН)»). Затраты в денежном выражении составят, соответственно, 155 тыс. руб. и 133,6 тыс. руб.

На техническое состояние парка сельскохозяйственной техники, конкретной единицы, кроме используемой системы технического обслуживания и ремонта, существенное влияние будет оказывать уровень эксплуатации техники, характеризующийся следующими показателями: вид выполняемых сельскохозяйственных работ; наличие диагностирования и качество проведения технического обслуживания; качество ремонта; организация хранения сельскохозяйственной техники в нерабочие периоды; возраст сельскохозяйственной техники; квалификация механизатора.

Исследования, проведенные в сельскохозяйственной организации Свердловской области, имеющей на своем балансе 59 единиц тракторов типа МТЗ-82, Беларус 82.1, выявили следующее:

- общий уровень эксплуатации техники по сельскохозяйственной организации составил 0,56;
- по годам выпуска тракторов уровень эксплуатации техники — от 0,61 до 0,22;
- общий уровень эксплуатации тракторов, обслуживающих животноводство, — 0,6;
- по годам выпуска тракторов, обслуживающих животноводство, уровень эксплуатации техники — от 0,64 до 0,2.

Довольно низкий уровень эксплуатации техники в сравнении с исследованиями объясняется включением в методику определения уровня эксплуатации возраста сельскохозяйственной техники и в показатель «вид выполняемых сельскохозяйственных работ» — включение работ для обеспечения животноводства.

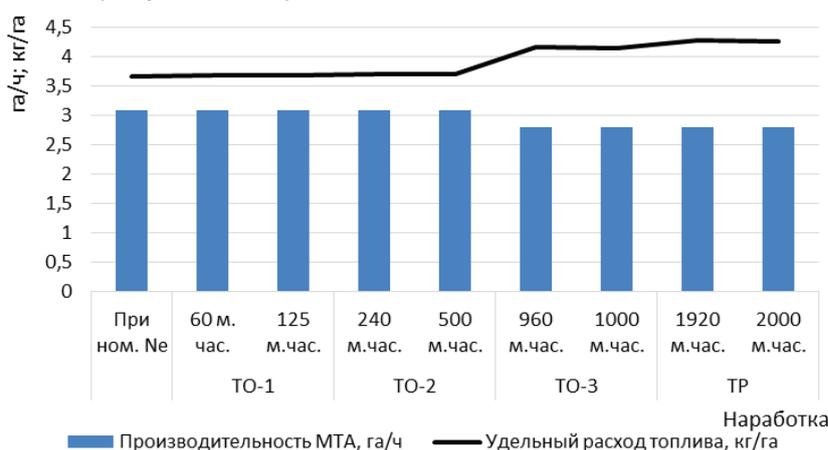
Выводы / Conclusion

При сравнении систем технического обслуживания и ремонта, регламентированных ГОСТ 20793-2009 и ГОСТ 20793-86, выполнена их техническая и экономическая оценка. В результате оценки параметров, определенных во время практических исследований в сельскохозяйственных организациях, выявлено:

- при периодичности технических воздействий 125 мото-часов наблюдается более значительное снижение показателей мощности двигателя при увеличении наработки в сравнении с изменением мощности при периодичности 60 мото-часов. С учетом того что мощность ДВС при проведении очередного ТО восстанавливается до значений, соответствующих текущему состоянию двигателя, отличие показателей мощности двигателя составляет от 0,1 кВт (при наработке 500 мото-часов) до 2,8 кВт (при наработке 2000 мото-часов);
- дополнительные затраты на восстановление мощности двигателя при наработке до ТР при использовании периодичности 125 мото-часов — 17421,75 руб., при общих затратах средств на техническое обслуживание и ремонт единицы сельскохозяйственной техники — 155 тыс. руб. Для расчета взяты фактические затраты средств на техническое обслуживание и ремонт, тарифные часовые ставки механизаторов, работающих на тракторах МТЗ-82, Беларус 82.1;
- тяговые свойства трактора при периодичности ТО 60 мото-часов снизились при наработке до ТР (1960 мото-часов) на 5,8%, при периодичности ТО 125 мото-ча-

Рис. 4. Производительность и удельный расход топлива в зависимости от наработки и периодичности технических воздействий

Fig. 4. Productivity and specific fuel consumption depending on the operating time and frequency of technical impacts



сов снизились при наработке до ТР (2000 мото-часов) на 5,2%;

- в результате исследования выявлено, что различная периодичность технического обслуживания и ремонта (60 или 125 мото-часов) не оказывает влияния на производительность МТ;

- удельный расход топлива начинает отличаться только при наработке, приближающейся к ТО-3. При периодичности 60 мото-часов расход топлива к наработке 960 и 1920 мото-часов увеличился, соответственно, на 13,3% и 16,6%, при периодичности 125 мото-часов расход топлива к наработке 1000 и 2000 мото-часов увеличился, соответственно, на 12,8% и 16,1%;

- затраты труда по восстановлению и поддержанию работоспособного состояния тракторов при ТО 60 мото-часов — 322 человеко-часа, при периодичности 125 мото-часов — 277,5 человеко-часа. Затраты в денежном выражении представлены выше.

В целом система технического обслуживания и ремонта, регламентированная ГОСТ 20793-2009, отвечает требованиям технической и производственной эксплуатации тракторов. Тяговые свойства тракторов выше на 0,7%, удельный расход топлива при выполнении сельскохозяйственных технологических операций ниже на 0,5%, трудозатраты на поддержание и восстановление технической готовности ниже на 13,8%.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Казакова В.А., Шинкевич В.А., Дунаев А.В. Перспектива совершенствования технического обслуживания сельскохозяйственной техники. *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019;3(32):218-224.
2. Дунаев А.В., Казакова В.А., Шинкевич В.А. Актуальность пересмотра стандарта на техническое обслуживание сельскохозяйственной техники. *Технический сервис машин*. 2018; 131:42-50.
3. Кузнецов П.Н., Хатунцев В.В., Грекова О.Н. Применение технических регламентов на то с/х техники. *Наука и Образование*. 2019; Т. 2;2:204.
4. Дунаев А.В., Тарасенко В.Е. К обоснованию параметров управления технической эксплуатацией МТП в АПК. *Агротехника и энергообеспечение*. 2021;3(32):31-43.
5. Козар Н.К., Козар А.Н. Оптимизация технического обслуживания сельскохозяйственной техники. *Вестник НГИЭИ*. 2021;9(124):50-65.
6. Никитченко С.Л., Смыков С.В., Гринченков Д.В., Лесник Н.А. Теория и практика совершенствования материального и информационного обеспечения технического обслуживания машин в сельхозпроизводстве. *АгроФорум*. 2022;3:65-70.
7. Никитченко С.Л., Алексенко Н.П., Котович А.В., Олейникова И.А. Ресурсосберегающее управление процессами эксплуатации и технического сервиса сельскохозяйственной техники. *Вестник аграрной науки Дона*. 2018;4(44):57-65.
8. Никитченко С.Л., Котович А.В., Олейникова И.А. Информационное обеспечение процессов технического сервиса машинно-тракторного парка на уровне сельскохозяйственных предприятий. *АгроСнабФорум*. 2018;8(164):30-33.
9. Иовлев Г.А., Побединский В.В., Голдина И.И. Экономическое обоснование оптимальных сроков использования и периодичности технического обслуживания и ремонта машин. *Вестник НГИЭИ*. 2021;4(119):105-119.
10. Хабардин В.Н. Определение сроков технического обслуживания машины по результатам оценки и прогнозирования качества масла в двигателе. *Актуальные вопросы аграрной науки*. 2021;39:25-32.
11. Методика использования условных коэффициентов перевода тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов в эталонные единицы при определении нормативов их потребности: инструктивно-методическое издание. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 56 с.
12. Мишина З. Н. Планирование основных затрат средств на техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники. *Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт*. 2018;5:25-29.

REFERENCES

1. Kazakova V.A., Shinkevich V.A., Dunaev A.V. The prospect of improving the maintenance of agricultural machinery. *Innovations in agriculture*. 2019;3(32):218-224 (In Russian)
2. Dunaev A.V., Kazakova V.A., Shinkevich V.A. The relevance of the revision of the standard for the maintenance of agricultural machinery. *Technical service of machines*. 2018; 131:42-50 (In Russian)
3. Kuznetsov P.N., Khatuntsev V.V., Grekova O.N. Application of technical regulations for agricultural equipment. *Science and education*. 2019;T.2;2:204. (In Russian)
4. Dunaev A.V., Tarasenko V.E. To substantiate the parameters of the management of the technical operation of the MTP in the agro-industrial complex. *Agricultural technology and energy supply*. 2021;3(32):31-43. (In Russian)
5. Kozar N.K., Kozar A.N. Optimization of maintenance of agricultural machinery. *Bulletin of NGIEI*. 2021;9(124):50-65. (In Russian)
6. Nikitchenko S.L., Smykov S.V., Grinchenkov D.V., Lesnik N.A. Theory and practice of improving the material and information support for the maintenance of machines in agricultural production. *AgroForum*. 2022;3:65-70. (In Russian)
7. Nikitchenko S.L., Aleksenko N.P., Kotovich A.V., Oleinikova I.A. Resource-saving management of the operation and maintenance of agricultural machinery. *Herald of agrarian science of the Don*. 2018;4(44):57-65. (In Russian)
8. Nikitchenko S.L., Kotovich A.V., Oleinikova I.A. Information support of the processes of technical service of the machine and tractor fleet at the level of agricultural enterprises. *AgroSnaбForum*. 2018;8(164):30-33. (In Russian)
9. Iovlev G.A., Pobedinsky V.V., Goldina I.I. Economic substantiation of the optimal terms of use and frequency of maintenance and repair of machines. *Bulletin of NGIEI*. 2021;4(119):105-119. (In Russian)
10. Khabardin V.N. Determining the timing of machine maintenance based on the results of evaluating and predicting the quality of engine oil. *Topical issues of agricultural science*. 2021;39:25-32. (In Russian)
11. Methodology for the use of conditional coefficients for the conversion of tractors, grain harvesters and forage harvesters into reference units in determining the standards for their needs: instructive and methodological publication. M.: FGNU «Rosinformagrotech», 2009. 56 p. (In Russian)
12. Mishina ZN Planning the main costs of funds for the maintenance and repair of agricultural machinery. *Agricultural machinery: maintenance and repair*. 2018;5:25-29 (In Russian)

ОБ АВТОРАХ:**Григорий Александрович Иовлев,**

Кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой.
Уральский государственный аграрный университет,
ул. К. Либкнехта 42, Екатеринбург, 620075,
Россия
gri-iovlev@yandex.ru
Orcid.org/ 0000-0002-1837-3222

Ирина Игоревна Голдина,

Старший преподаватель
Уральский государственный аграрный университет,
ул. К. Либкнехта 42, Екатеринбург, 620075, Россия
ir.goldina@mail.ru
Orcid.org/ 0000-0002-1837-3222

Владимир Сергеевич Зорков,

Кандидат экономических наук, доцент,
Уральский государственный аграрный университет,
ул. К. Либкнехта 42, Екатеринбург, 620075, Россия
zorkov1956@yandex.ru
Orcid.org/ 0000-0001-7589-1096

ABOUT THE AUTHORS:**Grigory Alexandrovich Iovlev,**

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the
Department,
Ural State Agrarian University,
42 str. K. Liebknecht, Yekaterinburg,
620075, Russia
gri-iovlev@yandex.ru
Orcid.org/ 0000-0002-1837-3222

Irina Igorevna Goldina,

senior lecturer,
Ural State Agrarian University,
42 str. K. Liebknecht, Yekaterinburg, 620075, Russia
ir.goldina@mail.ru
Orcid.org/ 0000-0002-1837-3222

Vladimir Sergeevich Zorkov,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the
Department
Ural State Agrarian University,
42 str. K. Liebknecht, Yekaterinburg, 620075, Russia
zorkov1956@yandex.ru
Orcid.org/ 0000-0001-7589-1096