13. Mathematical modeling of the grain material separation in the pneumatic system of the grain-cleaning machine / I. Badretdinov, S. Mudarisov, M. Tuktarov, E. Dick, S. Arslanbekova // Journal of Applied Engineering Science. – 2019. – Vol. 17 (4).

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Аксенов Игорь Игоревич – старший преподаватель Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: igor-aksenov1989@ya.ru.

Оробинский Владимир Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Корнев Андрей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: kornev.andr@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Aksenov Igor – Senior Lecturer of Agricultural Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great”, Russia, Voronezh, e-mail: igor-aksenov1989@ya.ru

Orobinsky Vladimir – Full Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great”, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Kornev Andrey – Candidate of Engineering Sciences, Docent of Agricultural Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great”, Russia, Voronezh, e-mail: kornev.andr@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 07.04.2021 Принята к публикации (Accepted): 27.05.2021

УДК 631.312.021.3

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-3-68-78

ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МТА

¹Завражнов Анатолий Иванович

²Лебедев Анатолий Тимофеевич

²Лебедев Павел Анатольевич

²Захарин Антон Викторович

¹ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»

²ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»

Реферат. Среди продаваемых запасных деталей для сельскохозяйственной техники до 40 % не качественных, их использование приводит к нарушению агротехнических требований и простаиванию техники в период выполнения сельскохозяйственных работ. Применили для машинно-тракторных агрегатов (МТА) методологический подход повышения надежности технологических процессов. МТА рассмотрены в виде иерархической схемы элементов, в структуре которой низшие элементы - рабочие поверхности деталей, оказывающие наибольшее влияние на надежность всей системы. Надежность подсистемы «среда» принята ≈1. Проведенные теоретические исследования позволили установить, что вероятность безотказной работы (ВБР) исходных МТА можно повысить за счет функционального резервирования свойств рабочих поверхностей мобильного энергетического средства и рабочих органов технологического

модуля (ТМ), так как надежность всей системы определяется ВБР наименее надежных элементов. Для повышения ВБР предложено выполнить входной контроль запасных частей, как способ резервирования функции этих деталей (ФРВК). Полученные расчетные данные показали, что применение этого метода позволяет увеличить ВБР МТА в 1,5 раза. В качестве примера, представлено прогнозируемое изменение такого диагностического параметра для прецизионных деталей топливной аппаратуры как их гидравлическая плотность. Анализ теоретической модели показывает, что управление ресурсом прецизионных деталей возможно за счет применения ФРВК контроля начального диагностического параметра и упрочнения рабочих поверхностей прецизионных деталей. Оценку надежности ТМ производили по контролю твердости плужных лемехов и по величине их ресурса до достижения предельных параметров. Полученные экспериментальные результаты подтверждают теоретические положения, представленные в исследовании. Обеспечение входного контроля запасных частей позволит снизить риски применения не качественной продукции и тем самым управлять надежностью не только контролируемых деталей, но и МТА в целом.

Ключевые слова: ресурс, надежность, входной контроль, твердость, гидравлическая плотность, технологический модуль, рабочие органы, плужерная пара, лемех.

INPUT QUALITY CONTROL OF SPARE PARTS AS A METHOD OF INCREASING RELIABILITY OF MACHINE AND TRACTOR UNITS

¹Zavrazhnov Anatoly

²Lebedev Anatoly

²Lebedev Pavel

²Zaharin Anton

¹FSBEI HE "Michurinsky State Agrarian University"

²FSBEI HE "Stavropol State Agrarian University"

Abstract. Among the spare parts for agricultural machinery sold, up to 40% are not of high quality, their use leads to a violation of agrotechnical requirements and equipment downtime during the period of agricultural work. The methodological approach to increasing the reliability of technological processes was applied for machine-tractor units (MTA). MTA are considered in the form of a hierarchical diagram of elements, in the structure of which the lower elements are the working surfaces of the parts that have the greatest impact on the reliability of the entire system. The reliability of the "environment" subsystem is assumed to be ≈ 1 . The performed theoretical studies made it possible to establish that the probability of no-failure operation (FBR) of the original MTA can be increased due to functional redundancy of the properties of the working surfaces of the mobile power unit and the working bodies of the technological module, since the reliability of the entire system is determined by the FBG of the least reliable elements. Incoming inspection of spare parts, as a way of backing up the function of these parts (FRVK), is proposed to be performed to increase the FBG. The calculated data have shown that the use of this method makes it possible to increase FBR of the MTA by a factor of 1.5. As an example, the predicted change in such a diagnostic parameter for precision parts of fuel equipment as their hydraulic density is presented. Analysis of the theoretical model shows that the control of the resource of precision parts is possible through the use of the PRVK control of the initial diagnostic parameter and hardening of the working surfaces of precision parts. The assessment of the TM reliability was carried out by monitoring the hardness of the plow shares and by the value of their resource until the limiting parameters were reached. The obtained experimental results confirm the theoretical positions presented in the study. Ensuring the incoming inspection of spare parts will reduce the risks of using substandard products and thereby manage the reliability of not only the inspected parts, but also the MTA as a whole.

Keywords: resource, reliability, input control, hardness, hydraulic density, process module, working bodies, plunger pair, ploughshare.

Введение. При производстве сельскохозяйственной продукции необходимо обеспечение ее качества, которого можно добиться при соблюдении агротехнических норм и использовании инновационных технологий производства. Привлечение новейших технологий сопровождается

значительными капитальными вложениями, что является не всегда возможно из-за низкой платежеспособности сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Поддержание работоспособного состояния имеющегося машинно-тракторного парка осуществляется за счет увеличения количества ремонтов и приобретения запасных частей. Количество продаваемых запасных частей и комплектующих изделий для сельскохозяйственной техники увеличивается с каждым годом. Имеющийся опыт работы организаций по материально-техническому обеспечению позволил установить, что поступающие в продажу детали классифицируются на 4 основных группы (рисунок 1): оригинальные запасные части, аналоги, запасные части, изготовленные без лицензии и детали, бывшие в употреблении.

Рисунок 1 – Классификация запасных частей

Широкий спектр запасных частей на рынке сопровождается рядом преимуществ и недостатков каждой из представленных групп. Детали, бывшие в употреблении обладают одним большим преимуществом они имеют наименьшую стоимость по отношению к другим группам, но при этом определить остаточный ресурс очень сложно без проведения тщательных исследований. Запасные части, изготовленные без лицензии, встречаются очень редко и их использование не рекомендуется.

Аналоги или неоригинальные запасные части, изготовленные по лицензии, имеют меньшую стоимость по сравнению с оригинальными деталями. Несмотря на заявленные заводами изготовителями высокие показатели надежности, продажа запасных частей сопровождается снижением качества деталей.

Количество таких деталей достигает до 40% от общего количества изделий соответствующей номенклатуры [1]. Применение таких запасных деталей приводит к уменьшению их заявленного ресурса, нарушению агротехнических требований и простаиванию техники в период выполнения сельскохозяйственных работ. В конечном счете оказывая непосредственное влияние на себестоимость и качество производимой продукции.

Для повышения надежности машинно-тракторного агрегата и снижения вероятности применения некачественных запасных частей, нами предлагается осуществлять входной контроль наиболее ответственных деталей мобильных энергетических средств (МЭС) и технологических модулей (ТМ), которые входят в состав машинно-тракторного агрегата (МТА) и оказывают наибольшее влияние на его надежность.

Материалы и методика. Разработанный профессором Лебедевым А.Т. методологический подход повышения надежности технологических процессов [2], можно применить для МТА. В условиях реальной эксплуатации надежное функционирование поверхностных слоев деталей позволяет повысить общую надежность системы. Рассматривая повышение надежности МТА можно говорить о том, что на данную сложную систему оказывают влияние подсистемы, входящие в ее состав, такие как: технологический модуль, мобильное энергетическое средство и среда. Каждая из этих подсистем является не менее сложной и важной с точки зрения влияния на конечный результат.

В условиях рядовой эксплуатации выполнение технологических процессов зависит от агротехнических сроков. В результате чего сельскохозяйственные товаропроизводители вынуждены выполнять технологические операции в сложившихся условиях подсистемы «среда».

Природно-климатические условия не всегда позволяют выполнить необходимые операции в благоприятных условиях, но независимо от состояния подсистемы «среда» выполнение технологических операций обязательно. Оценивая данную подсистему показателем надежности, его значение может быть близким к единице (подсистема находится в благоприятных условиях), или приближаться к нулю (подсистема находится в неблагоприятных условиях), но это не будет оказывать влияние на исходную надежность подсистем МЭС и ТМ. Низкие, как и высокие, значения надежности подсистемы «среда» оказывают влияние на изменение состояния этих подсистем, и на конечную надежность системы МТА. Поэтому в данном исследовании влияние подсистемы «среда» не учитываем. Принимая ее надежность ≈ 1 .

Используя методологический подход МТА рассмотрены в виде иерархической схемы (рис. 2) его подсистем, агрегатов и сборочных единиц, в структуре которых низшие элементы, - это рабочие поверхности деталей, оказывающие наибольшее влияние на надежность всей системы. Большинство ответственных рабочих поверхностей подсистемы МЭС контактируют друг с другом. Они за счет геометрических параметров и физико-механических свойств материала, должны обеспечивать требуемые эксплуатационные условия нормального функционирования подсистемы МЭС, что и является целевым назначением этих рабочих поверхностей. Рабочие поверхности подсистемы ТМ контактируют со «средой» и их целевым назначением является преобразование «среды» в соответствии с целевым назначением соответствующих рабочих органов ТМ.

Вероятность безотказной работы МТА можно представить в виде выражения:

$$P_{MTA}(t) = P_{MЭС}(t) \cdot P_{TM}(t), \quad (1)$$

где $P_{MЭС}(t)$ – вероятность безотказной работы (ВБР) подсистемы МЭС; $P_{TM}(t)$ – вероятность безотказной работы подсистемы ТМ.

Вероятность безотказной работы каждой из подсистем, согласно представленной иерархии, (рисунок 2) определяется надежностью агрегатов, сборочных единиц соединений и деталей, входящих в их состав.

Рисунок 2 – Иерархическая схема МТА

Рассмотрим МЭС в виде структурной схемы (рисунок 3), в состав которой входят: двигатель внутреннего сгорания, трансмиссия, ходовая система, система электрооборудования, гидравлическая система и прочие системы.

Рисунок 3 – Структурная схема МЭС

Учитывая представленную структурную схему МЭС вероятность безотказной работы можно определить из выражения:

$$P_{МЭС}(t) = P_{ДВС}(t) \cdot P_{ГС}(t) \cdot P_{ЭО}(t) \cdot P_{ХС}(t) \cdot P_T(t) \cdot P_{П}(t) \quad (2)$$

где $P_{ДВС}(t)$, $P_{ГС}(t)$, $P_{ЭО}(t)$, $P_{ХС}(t)$, $P_T(t)$, $P_{П}(t)$ – соответственно вероятность безотказной работы двигателя внутреннего сгорания; гидравлической системы, системы электрооборудования, ходовой системы, трансмиссии и прочих систем.

Основываясь на результатах исследований [3], можно сказать, что из представленных элементов МЭС наименее надежной является двигатель внутреннего сгорания ВБР, которого равна 0,91. Для остальных элементов данный показатель составляет 0,99. Подставив имеющиеся данные в выражение (2) получим значение вероятности безотказной работы МЭС $P_{МЭС}(t) = 0,86$. Для повышения надежности функционирования МЭС необходимо повысить ВБР двигателя.

Представим ДВС в виде структурной схемы (рисунок 4), состоящей из ряда элементов, надежность которых влияет на надежность двигателя. Отказы представленных элементов распределяются следующим образом [4]: система питания (СП) 35...50% отказов (большая часть которых приходится на прецизионные детали), газораспределительный механизм (ГРМ) 10...20% отказов, система смазки (СС) 10...20% отказов, цилиндропоршневая группа (ЦПГ) 10...20% отказов, система охлаждения (СО) 5...10% отказов, прочие системы (ПС) 10...20% отказов. С учетом имеющихся данных принимаем значения вероятности безотказной работы $P_{СП}(t) = 0,96$, $P_{ЦПГ}(t) = P_{ГРМ}(t) = P_{СС}(t) = P_{СО}(t) = P_{ПС}(t) = 0,99$, тогда ВБР двигателя внутреннего сгорания будет определяться из выражения:

$$P_{ДВС}(t) = P_{СП}(t) \cdot P_{ЦПГ}(t) \cdot P_{ГРМ}(t) \cdot P_{СС}(t) \cdot P_{СО}(t) \cdot P_{ПС}(t) = 0,91 \quad (3)$$

Рисунок 4 – Структурная схема двигателя внутреннего сгорания

Расчетное значение вероятности безотказной работы ДВС, является довольно низким показателем, для повышения которого нами предлагается выполнить функциональное резервирование за счет проведения контроля запасных частей деталей системы питания (рисунок 5). В частности, речь идет об обеспечении входного контроля прецизионных деталей топливной аппаратуры (ФРВК).

Рисунок 5 – Структурная схема двигателя внутреннего сгорания, с применением функционального резервирования входным контролем (ФРВК)

Определение вероятности безотказной работы с функциональным резервированием будет определяться по следующему выражению:

$$P_{ДВС1}(t) = [1 - (1 - P_{СП}(t))(1 - P_{ФРВК}(t))] \cdot P_{ЦПГ}(t) \cdot P_{ГРМ}(t) \cdot P_{СС}(t) \cdot P_{СО}(t) \cdot P_{ПС}(t) \quad (4)$$

Подставив значения и проведя вычисления получим, что вероятность безотказной работы двигателя составит $P_{ДВС1}(t)=0,95$, с учетом полученных расчетных данных $P_{МЭС1}(t)=0,9$. Теоретические исследования показывают, что предлагаемые методы позволяют увеличить надежность мобильного энергетического средства, входящего в состав МТА.

Представляя вторую подсистему МТА технологический модуль в виде структурной схемы (рис. 5) которая состоит из подвешного устройства (ПУ), рамы (Р), балки жесткости (БЖ) и i -го количества рабочих органов (РО).

Рисунок 5 – Структурная схема технологического модуля

Анализ работ [5, 6, 7], позволил установить, что наибольшее количество отказов технологических модулей связано с рабочими органами. Не соответствующее качество запасных частей приводит к нарушению технологического процесса и увеличению затрат на выполнение восстановительных работ. С учетом исходной структурной схемы ТМ вероятность безотказной работы будет определяться из следующего выражения:

$$P_{ТМ}(t) = P_{РО}^n(t) \cdot P_{Р}(t) \cdot P_{ПУ}(t) \cdot P_{БЖ}(t) \quad (5)$$

где $P_{РО}(t)$, $P_{БЖ}(t)$, $P_{Р}(t)$, $P_{ПУ}(t)$ - соответственно вероятность безотказной работы рабочих органов, балки жесткости, рамы и подвешного устройства; n – количество рабочих органов.

Основываясь на полученные данные и задаваясь показателями вероятности безотказной работы элементов технологического модуля, принимаем $P_{РО}(t)=0,94$, $P_{БЖ}(t)=P_{Р}(t)=P_{ПУ}(t)=0,99$.

Рассмотрим вероятность безотказной работы, на примере плуга ПЛН-5-35, подставив значения в выражение 5 и проведя вычисления получим $P_{ТМ}(t)=0,71$. Такое значение надежности является не удовлетворительным, причинами столь низкого показателя являются не только условия работы рабочих органов, но и качество рабочих органов поступающих в виде запасных частей. С целью увеличения показателя надежности предлагается функциональное резервирование рабочих органов (рис. 6), входным контролем качества изделий.

Рисунок 6 – Структурная схема технологического модуля, с применением функционального резервирования входного контроля рабочих органов (ФРВК)

С учетом применения функционального резервирования входного контроля рабочих органов вероятность безотказной работы ТМ будет определяться из выражения:

$$P_{ТМ1}(t) = [1 - (1 - P_{РО}(t))^n (1 - P_{ФРВК}(t))] \cdot P_{Р}(t) \cdot P_{ПУ}(t) \cdot P_{БЖ}(t) \quad (6)$$

Подставив в выражение 6 значения вероятности безотказной работы для рассматриваемого плуга ПЛН-5-35 получим $P_{ТМ1}(t)=0,97$.

Используя расчетные значения вероятности безотказной работы подсистем МЭС и ТМ можно определить значение ВБР для МТА без применения функционального резервирования:

$$P_{МТА}(t) = P_{МЭС}(t) \cdot P_{ТМ}(t) = 0,86 \cdot 0,71 = 0,61$$

Полученные значения вероятности безотказной работы МЭС и ТМ подтверждаются реальными условиями эксплуатации. Надежность ТМ определяется ресурсом рабочих органов, а также внезапными отказами, возникающими из-за низкого качества самих изделий или запасных частей.

Значение ВБР для МТА при реализации функционального резервирования входного контроля можно определить из выражения:

$$P_{MTA1}(t) = P_{MЭС}(t) \cdot P_{TM}(t) = 0,95 \cdot 0,97 = 0,92$$

Полученные расчетные данные показывают возможность увеличения вероятности безотказной работы МТА в 1,5 раза, за счет применения входного контроля методом ФРВК.

С учетом предложенной иерархии можно говорить о том, что надежность всей системы определяется ВБР наименее надежных элементов. Как показывает проведенный анализ надежности элементов системы МТА, использование метода ФРВК позволяет повысить надежность всей системы. В дальнейшем необходимо выбрать диагностируемый параметр и по нему разработать теоретические модели прогнозирования ресурса наиболее «слабых» элементов системы МТА? и для подсистемы МЭС и для ТМ. В качестве примера, представим прогнозируемое изменение такого диагностического параметра для прецизионных деталей топливной аппаратуры как их гидравлическая плотность. Наибольшее количество отказов МЭС связаны с системой питания двигателей. Большое количество которых связано с низким качеством прецизионных деталей, поступающих в качестве запасных частей, что оказывает существенное влияние на тяговые характеристики МЭС, расход топлива и увеличение выбросов вредных веществ.

Поступающие в качестве запасных частей плунжерные пары выполнены с некоторой точностью изготовления. В качестве показателя, характеризующего надежность прецизионных деталей, является гидравлическая плотность. В процессе эксплуатации гидравлическая плотность деталей достигает предельного значения $\Gamma_{пред}$, после чего детали выбраковываются. На рисунке 7 представлена теоретическая модель изменения гидравлической плотности плунжерных пар, как критерия выбраковки этих деталей.

Рисунок 7 – Теоретическая модель изменения гидравлической плотности плунжерных пар

При рассмотрении серийных плунжерных пар эта группа характеризуется изменением гидравлической плотности в пределах $\Gamma_{min}^C \dots \Gamma_{max}^C$. Представленные изменения начального состояния прецизионных деталей до предельного состояния $\Gamma_{пред}$ наглядно демонстрируют изменение ресурса при одинаковой интенсивности изменения этого показателя, связанной с износом рабочих поверхностей. В рассматриваемом случае достижение предельного состояния $\Gamma_{пред}$, за какой-то промежуток времени работы t , будет начинаться линейному закону и определяться из выражения:

$$\Gamma_{пред} = \Gamma_{cp} - y(t) \cdot t \quad (7)$$

Наступление предельного состояния деталей или максимального износа, соответствующего $\Gamma_{пред}$ при условии одинаковой интенсивности изменения $y(t)$ будет зависеть от точности изготовления и среднего значения гидравлической плотности Γ_{cp} .

При работе предлагаемого соединения, имеющего покрытие [8, 9], происходит изменение гидравлической плотности в два этапа. Упрочненные прецизионные детали проходят жизненный цикл первого этапа за какой-то период времени t'' , при интенсивности изменения гидравлической плотности $b(t_{II})$. Начальный этап жизненного цикла упрочненных плунжерных пар будет характеризоваться интенсивностью изнашивания нанесенного покрытия.

На наш взгляд, дальнейший жизненный цикл будет подчиняться с интенсивностью изменения $y(t)$. Наступление предельного состояния плунжерных пар, имеющих покрытие будет определяться по выражению:

$$\Gamma_{пред}^{ynp} = \Gamma_{cp}^{ynp} - t_n(b(t_n) + y(t)) - y(t_n) \quad (8)$$

где Γ_{cp}^{ynp} – среднее значение гидравлической плотности упрочнённых плунжерных пар; $b(t_{II})$ – интенсивность изменения гидравлической плотности плунжерных пар с тонкопленочным покрытием; t_{II} – ресурс покрытия.

Теоретическая модель, представленная на рисунке 7 демонстрирует эффективность предложенных решений, так как при минимальном значении гидравлической плотности упрочнённых деталей ресурс сопряжения намного выше, чем у серийно выпускаемых.

Проверку теоретических положений выполним при проведении экспериментальных исследований и контроля диагностируемых параметров. Как было сказано, оценка плунжерных пар осуществлялась по их гидравлической плотности, а оценка ТМ по твёрдости плужных лемехов.

Результаты и их обсуждение. Анализ работы топливной аппаратуры дизельных энергетических средств, показывает, что для обеспечения стабильной работы на всех режимах, необходима стабильная цикловая подача топлива, а также неравномерность по секциям не превышающая заданных заводом изготовителем показателей. При исследовании плунжерных пар поступающих в качестве запасных частей было установлено, что детали имеют среднее значение гидравлической плотности 43,4 с, а среднее квадратическое отклонение составляет $\sigma = 2,49$ с (рисунок 8). Среди исследованных прецизионных деталей 14% имели гидравлическую плотность, превышающую 45,7 с, остальные прецизионные сопряжения имели повышенный зазор в сопряжении. При этом следует отметить, что входной контроль поступивших плунжерных пар установил, что детали находятся в III группе гидравлической плотности, но полученные данные свидетельствуют о низкой надежности запасных частей.

Исследование гидравлической плотности плунжерных пар, которые были упрочнены финишным плазменным упрочнением, показало, что 82% деталей имели гидравлическую плотность, превышающую 45,7 с при среднем квадратическом отклонении $\sigma = 1,05$ с.

На этапе входного контроля плужных лемехов, поступающих в качестве запасных частей, производилось измерение твердости деталей. Для исследования были отобраны 4 образца серийных лемехов. Лемехи производства «Светлоградагромаш» из однородного материала без упрочнения (образец №1) и с упрочненной режущей кромкой методом дуговой наплавки (образец №2). Оригинальные лемехи фирмы Lemken с упрочненной режущей кромкой (образец №3) и без упрочнения (образец №4). Результаты исследований представлены на рисунке 9.

Проведение входного контроля плужных лемехов позволил установить, средние значение твердости основного материала и упрочненных режущих кромок, а также представлены данные по наработке исследуемых образцов.

Рисунок 8 – Статистический ряд распределения гидравлической плотности плунжерных пар

Рисунок 9 – Результаты исследования твердости исследуемых рабочих органов.

Наработка лемеха производства «Светлоградагрош» без упрочнения (образец №1) составила 7,6 га, что является наименьшим показателем среди сравниваемых вариантов, среднее значение твердости данного образца составило 29,7 HRC_1 при среднем квадратическом отклонении $\sigma = 1,23 HRC$. Исследуемый лемех, имеющий упрочненную режущую кромку (образец №2) был выбракован после наработки в 24,5 га, средние значения твердости основной

части и упрочненной соответственно составили 28,9 HRC₂ при $\sigma = 2,37$ HRC и 52,1 HRC_{упр2} при $\sigma_{упр2} = 0,89$ HRC.

Исследования оригинальных лемехов фирмы Lemken с упрочненной режущей кромкой (образец №3) и без упрочнения (образец №4) показали, что в обоих образцах среднее значение твердости основного материала одинакова и составляет 50,1 HRC при $\sigma = 0,71$ HRC, а значение твердости упрочненной режущей кромки составило 55,6 HRC_{упр3} при $\sigma_{упр2} = 0,36$ HRC. Нарботка упрочненного импортного лемеха Lemken составила 62 га, в то время как без упрочнения 52 га. Полученные результаты необходимо оценивать по технико-экономическому критерию, что будет реализовываться в дальнейших исследованиях.

Вывод. Таким образом, обеспечение входного контроля запасных частей позволит снизить риски применения не качественной продукции и тем самым управлять надежностью не только контролируемых деталей, но и МТА в целом.

Список литературы

1. Дорохов А.С. Повышение эффективности входного контроля качества запасных частей и сельскохозяйственной техники [Текст] / Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – Москва, 2011.
2. Лебедев, А.Т. Ресурсосберегающие направления повышения надежности и эффективности технологических процессов в АПК: моногр. – Ставрополь, 2012. – 376 с.
3. Арженовский А.Г. Совершенствование организации технического сервиса, методов и средств функционального оперативного диагностирования мобильных энергетических средств в агропромышленном комплексе [Текст]: дис. ... д-ра технич. наук / Арженовский А.Г., Азово-Черноморский инженерный институт. – Зерноград, 2020.
4. Лепешкин Д.И. Улучшение показателей дизеля в условиях эксплуатации повышением стабильности работы топливной аппаратуры [Текст] / Лепешкин Д.И. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. Омск, 2015.
5. Лебедев А.Т., Магомедов Р.А. Износостойкость рабочих органов почвообрабатывающих машин // Сельский механизатор. – 2011. – № 10. – С. 34-35.
6. Феськов С.А. Разработка технологии восстановления стрелчатых лап культиваторов для высева семян зерновых культур по подготовленной почве [Текст]: Дис. ... канд. технич. наук / Феськов С.А., Российский государственный аграрный университет. – Брянск, 2018.
7. Надежность и эффективность МТА при выполнении технологических процессов / А.Т. Лебедев, О.П. Наумов, Р.А. Магомедов, А.В. Захарин, П.А. Лебедев, Р.В. Павлюк // Ставрополь, 2015. – 332 с.
8. Лебедев А.Т., Лебедев П.А. Повышение износостойкости плунжера топливного насоса // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – №1. – С.24-25.
9. Повышение ресурса плунжерных пар / Н.А. Марьин, А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк, Р.А. Магомедов, А.В. Захарин, М.А. Кобозев, П.А. Лебедев, В.А. Васин // Научная мысль. – 2015. – №3. – С. 249-253.

References

1. Dorohov A.S. Povyshenie effektivnosti vhodnogo kontrolya kachestva zapasnyh chastej i sel'skohozyajstvennoj tekhniki [Tekst] / Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet im. V.P. Goryachkina. – Moskva, 2011.
2. Lebedev, A.T. Resursosberegayushchie napravleniya povysheniya nadezhnosti i effektivnosti tekhnologicheskikh processov v APK: monogr. – Stavropol', 2012. – 376 s.
3. Arzhenovskij A.G. Sovershenstvovanie organizacii tekhnicheskogo servisa, metodov i sredstv funkcional'nogo operativnogo diagnostirovaniya mobil'nyh energeticheskikh sredstv v agropromyshlennom komplekse [Tekst]: dis. ... d-ra tekhnich. nauk / Arzhenovskij A.G., Azovo-CHernomorskij inzhenernyj institut. – Zernograd, 2020.
4. Lepeshkin D.I. Uluchshenie pokazatelej dizelya v usloviyah ekspluatatsii povysheniem stabil'nosti raboty toplivnoj apparatury [Tekst] / Lepeshkin D.I. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Altajskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet im. I.I. Polzunova. Omsk, 2015.
5. Lebedev A.T., Magomedov R.A. Iznosostojkost' rabochih organov pochvoobrabatyvayushchih mashin // Sel'skij mekhanizator. – 2011. – № 10. – S. 34-35.

6. Fes'kov S.A. Razrabotka tekhnologii vosstanovleniya strel'chatyh lap kul'tivatorov dlya vyseva semyan zernovykh kul'tur po podgotovlennoj pochve [Tekst]: Dis. ... kand. tekhnich. nauk/ Fes'kov S.A., Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – Bryansk, 2018.

7. Nadezhnost' i effektivnost' MTA pri vypolnenii tekhnologicheskikh processov / A.T. Lebedev, O.P. Naumov, R.A. Magomedov, A.V. Zaharin, P.A. Lebedev, R.V. Pavlyuk // Stavropol', 2015. – 332 s.

8. Lebedev A.T., Lebedev P.A. Povyshenie iznosostojkosti plunzhera toplivnogo nasosa // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva. – 2010. – №1. – S.24-25.

9. Povyshenie resursa plunzhernyh par / N.A. Mar'in, A.T. Lebedev, R.V. Pavlyuk, R.A. Magomedov, A.V. Zaharin, M.A. Kobozev, P.A. Lebedev, V.A. Vasin // Nauchnaya mysl'. – 2015. – №3. – S. 249-253.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Завражнов Анатолий Иванович – академик РАН, доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: aiz@mgau.ru.

Лебедев Анатолий Тимофеевич – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ставропольского государственного аграрного университета», Россия, г. Ставрополь.

Лебедев Павел Анатольевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ставропольского государственного аграрного университета», Россия, г. Ставрополь, e-mail: zoya_lebedeva@mail.ru.

Захарин Антон Викторович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ставропольского государственного аграрного университета», Россия, г. Ставрополь.

Author credentials

Affiliations

Zavrazhnov Anatoly – Academician of the Russian Academy of Sciences, Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Michurinsk State Agrarian University”, Russia, Michurinsk, e-mail: aiz@mgau.ru.

Lebedev Anatoly – Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Russia, Stavropol.

Lebedev Pavel – Candidate of Technical Sciences, Associate professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Russia, Stavropol, e-mail: zoya_lebedeva@mail.ru.

Zaharin Anton – Candidate of Technical Sciences, Associate professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Russia, Stavropol.

Поступила в редакцию (Received): 29.04.2021 Принята к публикации (Accepted): 07.06.2021

УДК 631.311.5

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-3-78-87

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ И МЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИН

¹Абдулмажидов Хамзат Арсланбекович

¹Балабанов Виктор Иванович

¹Мартынова Наталья Борисовна

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Реферат. Известно, что разработка новых конструкций рабочего оборудования мелиоративных и строительных машин, также, как и других технологических машин, требует проведения прочностных расчетов перед их изготовлением с целью определения запаса