

УДК 621.797:629.114.41

UDC 621.797:629.114.41

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

05.20.01 - Technologies and means of mechanization of agriculture (technical sciences)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СУММАРНЫХ УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

MATHEMATICAL JUSTIFICATION OF THE EFFECT OF TOTAL UNIT COSTS ON IMPROVING THE RELIABILITY OF TECHNOLOGICAL MACHINES

Букреев Вадим Юрьевич
аспирант
SPIN-код автора 6052-3708
РИНЦ Author ID = 1042053
e-mail: vadimbukreev@gmail.com

Bukreev Vadim Yurievich
graduate student
RSCI SPIN-code: 6052-3708
RSCI Author ID = 1042053
e-mail: vadimbukreev@gmail.com

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

Козлов Вячеслав Геннадиевич
д-р. техн. наук, профессор
SPIN-код автора 8181-2771
РИНЦ Author ID = 202094
e-mail: vya-kozlov@yandex.ru
Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия

Kozlov Vyacheslav Gennadievich
Doctor of Technical Sciences, Professor
RSCI SPIN-code: 8181-2771
RSCI Author ID = 202094
e-mail: vya-kozlov@yandex.ru
Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

Скрыпников Алексей Васильевич
д-р. техн. наук, профессор
SPIN-код автора 5091-4139
РИНЦ Author ID = 437510
e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru
Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

Skrypnikov Alexey Vasilyevich
Doctor of Technical Sciences, Professor
RSCI SPIN-code: 5091-4139
RSCI Author ID = 437510
e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru
Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

Бойков Павел Александрович
экстерн
SPIN-код автора 6152-3708
РИНЦ Author ID = 242053
e-mail: boik123@gmail.com
Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

Boikov Pavel Alexandrovich
extern
RSCI SPIN-code: 6152-3708
RSCI Author ID = 242053
e-mail: boik123@gmail.com
Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

Выполнено математическое обоснование влияния зависимости ресурса технологических машин от уровня суммарных удельных затрат. Приведенная математическая модель представляет собой методологию выявления объективно имеющихся резервов и разработки научно-обоснованных мероприятий по повышению надежности лесозаготовительной и лесотранспортной техники в результате совершенствования процессов поддержания ее работоспособности и оптимизации мощности подсистемы. В целях обеспечения максимального снижения простоев машин и повышения на их основе показателей надежности, необходимо будет количественно оценить указанные резервы, а также разработать эффективные рекомендации по их реализации, что

The article presents mathematical substantiation of the influence of the dependence of the resource of technological machines on the level of total unit costs. The above mathematical model is a methodology for identifying objectively available reserves and developing scientifically-based measures to improve the reliability of logging and forest transportation equipment as a result of improving the processes of maintaining its operability and optimizing the power of the subsystem. In order to maximize the reduction of machine downtime and increase reliability indicators based on them, it will be necessary to quantify these reserves, as well as develop effective recommendations for their implementation, which is the main task of experimental research

является основной задачей экспериментальных исследований

Ключевые слова: УДЕЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ, РЕСУРС МАШИН, РАБОТОСПОСОБНОСТЬ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Keywords: UNIT COSTS, MACHINE RESOURCE, EFFICIENCY, MATHEMATICAL JUSTIFICATION.

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-177-021>

Эффективность и качество реализации потенциальных свойств машин при их эксплуатации оцениваются достигнутым ресурсом, а также коэффициентом технического использования и технической готовности. Повышение этих показателей представляет собой в настоящее время одно из актуальных направлений научных исследований и производственной деятельности лесозаготовительных предприятий, обеспечивающих высокую эффективность эксплуатации лесозаготовительных и лесотранспортных машин [1]. Для решения этой задачи в качестве исходных положений приняты следующие ограничения:

- машина не создаёт новых стоимостей, а только переносит свою стоимость на производимую с её помощью продукцию.

- величина стоимости зависит от трех групп затрат: затрат, связанных с амортизацией и реновацией, стоимость технического обслуживания, а также затраты на поддержание надежности, обеспечивающих выполнение работ с заданной производительностью.

Рациональный период её эксплуатации определяется ресурсам машины, который по критерию недопустимого снижения эффективности суммарных средних удельных затрат оценивается по соотношению:

$$C_{уд} = \frac{C_0}{t} + C_{пн.ср}(t) + C_{то} \rightarrow \min \quad (1)$$

где C_0 - стоимость машины; $C_{пн.ср}(t)$ - средние удельные затраты на поддержание надежности за наработку t ; $C_{то}$ - средние удельные затраты ТО.

Если средние удельные затраты на техническое обслуживание $C_{то} = \text{const}$, а стоимость удельных интервальных затрат на поддержание надежности по мере увеличения наработки t возрастает по степенной зависимости с параметрами b и n :

$$C_{\text{пн.ин.}}(t) = bt^n \quad (2)$$

то оптимальная величина ресурса определится равенством:

$$t_p = \left[\frac{C_0(n+1)}{b \cdot n} \right]^{\frac{1}{n+1}} \quad (3)$$

Средние удельные затраты (1) на поддержание надежности за наработку можно представить в следующем виде:

$$C_{\text{пн.ср.}}(t) = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^k C_i \Omega_i(t) \rightarrow \frac{b}{n+1} t^n \quad (4)$$

где C_i - средняя стоимость устранения отказа i -го конструктивного элемента машин; $\Omega_i(t)$ - математическое ожидание числа отказов i -го конструктивного элемента при наработке t ; k - число конструктивных элементов, лимитирующих надежность.

Из соотношения (4) видно, что параметры функции нарастания затрат на поддержание надежности b и n зависят от числа конструктивных элементов, а также средней стоимости устранения их отказов.

Стоимость устранения отказов зависит от четырех составляющих затрат: затрат на запасные части C_{34i} , трудовых затрат $C_{\text{тp}i}$, затрат на материалы $C_{\text{м}i}$ и стоимости компенсации простоев машины $C_{\text{прост}i}$:

$$C_i = C_{34i} + C_{\text{тp}i} + C_{\text{м}i} + C_{\text{прост}i} \quad (5)$$

$$\text{или } C_i = C_{34i}(1 + A_i + B_i + C_i),$$

$$\text{где: } A_i = \frac{C_{\text{тp}i}}{C_{34i}}; B_i = \frac{C_{\text{м}i}}{C_{34i}}; C_i = \frac{C_{\text{прост}i}}{C_{34i}}$$

В определенных условиях эксплуатации для ремонтируемых конструктивных элементов существует тесная корреляционная связь между затратами на запасные части и другими составляющими затрат на

поддержание их надежности. В связи с этим, можно считать, что: $1 + A_i + B_i + C_i = const$

В этом случае соотношение (4) примет следующий вид:

$$C_{\text{пн.ср.}}(t) = \frac{b_{34}}{n+1} (1 + A + B + C)t^n \quad (6)$$

где $A = \frac{C_{\text{тр}}(t)}{C_{34}(t)}$; $B = \frac{C_{\text{м}}(t)}{C_{34}(t)}$; $C = \frac{C_{\text{прост}}(t)}{C_{34}(t)}$; b_{34} – коэффициент функции изменения затрат на запасные части по интервалам наработки; $C_{34}(t)$, $C_{\text{тр}}(t)$, $C_{\text{м}}(t)$, $C_{\text{прост}}(t)$ – затраты соответственно на: запасные части, оплату труда ремонтным рабочим, материалы и компенсацию простоев машины за наработку t .

Затраты на компенсацию простоев $C_{\text{прост}}(t)$ определяются по соотношению:

$$C_{\text{прост}}(t) = \frac{C_0}{t} \left(1 - \frac{K_{\text{ти.cd}}}{K_{\text{ти.max}}}\right) \quad (7)$$

И существенно зависят от среднего значения коэффициента технического использования $K_{\text{ти}}$ за наработку t .

Анализ исходных положений показывает, что сокращение простоев машин в процессе восстановления их работоспособности существенно влияет, как на величину ресурса t_p , так и на коэффициент технического использования.

Из выражения (6) следует, что ресурс машины может быть увеличен в результате снижения значений коэффициентов b_{34} , A , B и C .

Коэффициенты A и C во многом обусловлены эффективностью процессов поддержания их работоспособности в эксплуатации. Вместе с тем, как показал выполненный анализ, вопрос повышения ресурса машины t_p и коэффициента технического использования $K_{\text{ти}}$ совершенствованием указанных процессов исследован недостаточно. В виду этого, решение данной задачи представляет значительный интерес [2-4].

В результате целенаправленных воздействий на составляющие этих процессов достигается эффект от снижения затрат $C_{\text{тр}}(t)$ и $C_{\text{прост}}(t)$, что приведет к снижению уровня суммарных средних удельных затрат $C_{\text{уд}}$ и повышению ресурса машины за счет сокращения коэффициентов A и C .

Для удобства последующего анализа обозначим через K_A и K_C следующие соотношения:

$$K_A = \frac{A'}{A}; K_C = \frac{C'}{C} \quad (8)$$

где A', C' - соответственно значения коэффициентов A и C после совершенствования процессов поддержания работоспособности машины.

При фиксированном значении A и C , если $K_A < 1$, $K_C < 1$, то как следует из формулы (3) ресурс машины увеличивается по следующей зависимости:

$$t_p' = \left[\frac{C_0(n+1)}{b_{34}(1+A \cdot K_A + B + C \cdot K_C) \cdot n} \right]^{\frac{1}{(n+1)}} \quad (9)$$

Увеличение оптимального ресурса обусловлено снижением минимума суммарных средних удельных затрат $C_{\text{уд}min}$, определяющегося из выражения (1). Зависимость ресурса от уровня затрат $C_{\text{уд}}$ представлена на рисунке 2.1 При этом кривой 1 показано изменение удельных интервальных затрат на поддержание надежности $C_{\text{пн.ин.}}(t) = bt^n$ до совершенствования процессов поддержания работоспособности машин, а кривой 2 – изменение удельных интервальных затрат $C'_{\text{пн.ин.}}(t) = b't^n$ после совершенствования этих процессов. Кривой 3 показано геометрическое место точек минимальных суммарных средних удельных затрат $C_{\text{уд}}$ при постоянных значениях n и C_0 .

Определим аналитические зависимости для оценки влияния существенных факторов на величину коэффициентов K_A и K_C . В этих целях рассмотрим затраты $C_{\text{тр}}(t)$ и $C_{\text{прост}}(t)$.

В условиях значительного сосредоточения однотипных машин в лесозаготовительных организациях поддержание их надежности осуществляется ремонтными участками, состоящими из двух подсистем: подсистемы по обслуживанию машин на лесосеках и подсистемы по обслуживанию машин на базе лесозаготовительной организации [5].

Первая подсистема представляет собой бригады ремонтных рабочих, закрепленные за машинами технической помощи, а вторая – бригады, объединенные группой стационарных постов ремонтной базы лесозаготовительной организации, на которых рабочими выполняются ремонтные работы и комплекс ТО. Для удобства дальнейшего изложения присвоим этим подсистемам соответственно индексы «0» и «б».

Рассматривая поступления заявок на ремонт в указанные подсистемы как поступление требований на обслуживание, суммарные входящие потоки которых могут быть приняты простейшими [6-9], затраты $C_{\text{тр}}(t)$ и $C_{\text{прот}}(t)$ удобно представить в виде следующих выражений:

$$C_{\text{тр}}(t) = [t_б \cdot m_б \cdot N_б(t) + (t_0 + t_{\text{МП}}) \cdot m_0 \cdot N_0(t)] \cdot C_p;$$
$$C_{\text{прот}}(t) = [(t_{\text{ож}} + t_б + t_{\text{пер}}) \cdot N_б(t) + t_{\text{пр.о.}} \cdot N_0(t)] \cdot C_{\text{пр}} \quad (10)$$

где $t_б, t_0$ - среднее время восстановления работоспособности машины в соответствующих подсистемах; $m_б, m_0$ - среднее число ремонтных рабочих, обслуживающих требования в подсистемах; $t_{\text{МП}}$ - среднее время транспортировки машины технической помощи с базы на лесосеку и обратно; $t_{\text{ож}}$ - среднее время ожидания требованием начала обслуживания на базе; $t_{\text{пер}}$ - среднее время доставки машины с объекта на базу и обратно; $t_{\text{пр.о.}}$ - среднее время пребывания требования в подсистеме по обслуживанию машин на лесосеке; C_p - средняя стоимость труда ремонтного рабочего за смену; $C_{\text{пр}}$ - средняя стоимость компенсации

простоя машины в течение смены; $N_6(t), N_0(t)$ - среднее число требований, поступающих от машины в соответствующие подсистемы за наработку t .

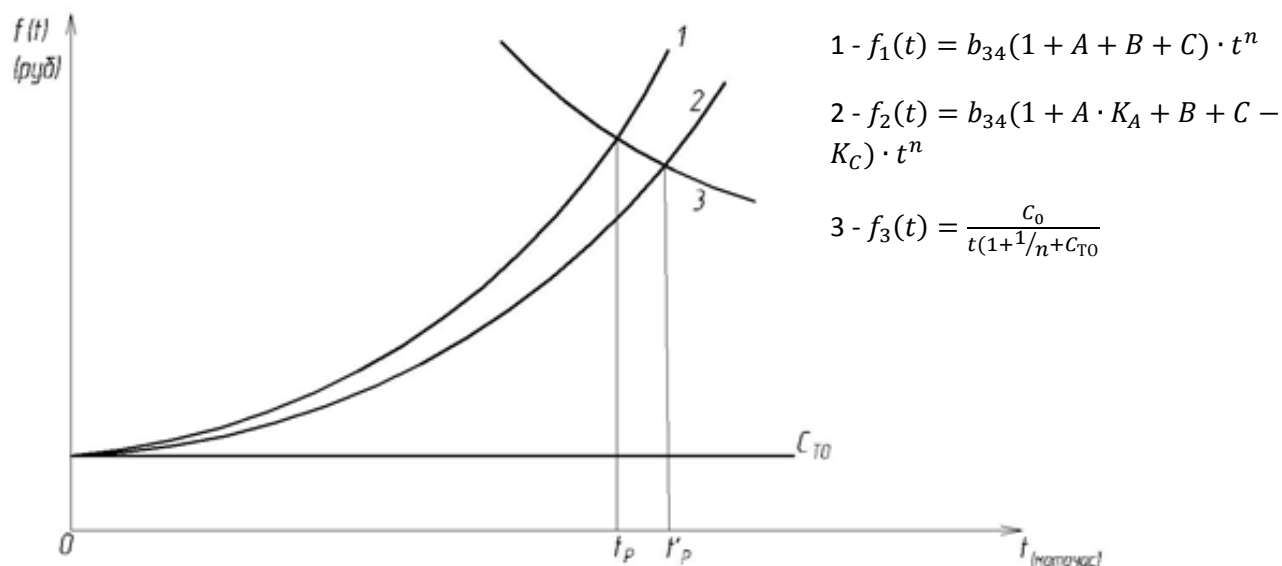


Рисунок 1 - Зависимость ресурса машин от уровня суммарных средних удельных затрат.

При этом: $N_6(t) = \lambda_6 \cdot t$; $N_0(t) = \lambda_0 \cdot t$,

здесь λ_6, λ_0 - средние интенсивности поступления требований в подсистемы.

Если в приведенном выражении $m_6 = const, m_0 = const$, то снижение затрат $C_{тр}(t)$ и $C_{прост}(t)$ обеспечивается сокращением простоев машин в любой из вышеупомянутых подсистемах. Рассмотрим задачу сокращения указанных затрат в результате совершенствования работы подсистемы по обслуживанию машин на производственной базе лесозаготовительной организации.

Допустим, в результате совершенствования процессов поддержания работоспособности машин в подсистеме «б» среднее время восстановления t_6 и среднее время пребывания требований в подсистеме $t_{пр.б}$ сократились до значений t'_6 и $t'_{пр.б}$.

В этом случае экономия затрат $C_{\text{тр}}(t)$ и $C_{\text{прост}}(t)$ составит:

$$\Delta_{\text{тр}}(t) = (t_{\text{б}} - t'_{\text{б}}) \cdot m_{\text{б}} \cdot C_p \cdot \lambda_{\text{б}} \cdot t \quad (11)$$

$$\Delta_{\text{прост}}(t) = (t_{\text{пр.б.}} - t'_{\text{пр.б.}}) \cdot C_p \cdot \lambda_{\text{б}} \cdot t \quad (12)$$

Тогда, с учетом (8) коэффициента K_A и K_C определяется следующим образом:

$$K_A = 1 - \frac{\Delta_{\text{тр}}(t)}{C_{\text{тр}}(t)} = 1 - \frac{(t_{\text{б}} - t'_{\text{б}}) \cdot m_{\text{б}} \cdot \lambda_{\text{б}}}{t_{\text{б}} \cdot m_{\text{б}} \cdot \lambda_{\text{б}} + (t_0 + t_{\text{мп}}) m_0 \lambda_0} \quad (13)$$

$$K_C = 1 - \frac{\Delta_{\text{прост}}(t)}{C_{\text{прост}}(t)} = 1 - \frac{(t_{\text{пр.б.}} - t'_{\text{пр.б.}}) \cdot \lambda_{\text{б}}}{(t_{\text{пр.б.}} + t_{\text{пер}}) \lambda_{\text{б}} + t_{\text{пр.о.}} \cdot \lambda_0} \quad (14)$$

Как следует из (9) ресурс машины тем больше, чем меньше коэффициенты K_A и K_C , что зависит от того, насколько сократятся параметры $t_{\text{б}}$ и $t_{\text{пр.б.}}$. Таким образом, полученные выражения для определения величины коэффициентов K_A и K_C позволяют произвести количественную оценку влияния эффективности процессов поддержания работоспособности машин на величину их ресурса.

Это позволяет перейти к рассмотрению изменения коэффициентов $K_{\text{ти}}$ и $R_{\text{и}}$ в результате совершенствования работы подсистемы «б».

Коэффициент технического использования определяется по формуле:

$$K_{\text{ти}} = \frac{1}{1 + D t_{\text{сс}}} \quad (15)$$

где $t_{\text{сс}}$ – среднесуточная наработка; D – удельный простой машины в ТО и ремонте.

Рассмотрим величину удельного простоя машины D в виде следующих составляющих.

$$D = D_{\text{кр}} + D_{\text{б}} + D_0 \quad (16)$$

Здесь

$$D_{\text{кр}} = \frac{t_{\text{пр.кр.}}}{t_p}; \quad D_{\text{б}} = \frac{t_{\text{пр.б.}}}{t_{\text{мп}}};$$

$$D_0 = \frac{t_{\text{пр.о.}}}{t_{\text{н.о.}}} + \frac{t_{0,1}}{t_1} (1 - a_1) + \frac{t_{0,2}}{t_2} (1 - a_2) + \frac{t_{\text{о.со.}}}{t_{\text{со.}}}; \quad (17)$$

где $D_{кр}$, $D_б$, $D_о$ - соответственно удельные простои машины в капитальном ремонте, текущих ремонтах, выполняемых подсистемой «б», а также при устранении отказов, СО, прохождении ТО-1 и ТО-2 в подсистеме «0»; $t_{пр.кр.}$ - средняя продолжительность простоя машины в капитальном ремонте; $t_{пр.б.}$, $t_{пр.о.}$ - средние продолжительности простоев машины в подсистемах; $t_{н.о.}$ - средняя наработка машины на отказ, устраняемый на объекте; $t_{0,1}$, $t_{0,2}$, $t_{о.со.}$ - соответственно средние продолжительности простоя машины в ТО-1, ТО-2, СО; $t_1, t_2, t_{со}$ - соответственно наработки машины до очередных ТО-1, ТО-2 и СО; $t_{мр}$ - средняя наработка машины до ТР; a_1, a_2 - частоты совпадений соответственно ТО-1 с ТО-2, ТО-2 с текущим ремонтом.

$$\text{При этом: } a_1 = \frac{t_1}{t_2}; a_2 = \frac{t_2}{t_{мр}}$$

Удельные простои $D_{кр}$, $D_б$ и $D_о$ обуславливают потери коэффициента технического использования:

$$\varphi = 1 - K_{ти} \tag{18}$$

Величина φ характеризует все возможные резервы повышения коэффициента $K_{ти}$. Как следует из (16) и (17) увеличение ресурса машины и сокращение времени пребывания требования в подсистеме $t_{пр.б.}$ обеспечивает снижение удельных простоев $D_{кр}$ и $D_б$:

$$D'_{кр} = \frac{t_{пр.кр.}}{t'_p}; D'_б = \frac{t'_{пр.б.}}{t_{мр}} \tag{19}$$

Чем достигается увеличение коэффициента $K_{ти}$, относительную величину приращения которого $\Delta K_{ти}$ можно вычислить по соотношению:

$$\Delta K_{ти} = \frac{K'_{ти} - K_{ти}}{K_{ти}} = \frac{[t_{пр.кр.} \left(\frac{1}{t_p} - \frac{1}{t'_p} \right) + \frac{1}{t_{мр}} (t_{пр.б.} - t'_{пр.б.})] t_{cc}}{1 + \left[\frac{t_{пр.кр.}}{t'_p} + \frac{t'_{пр.б.}}{t_{мр}} + D_о \right] \cdot t_{cc}} \tag{20}$$

Из приведенного выражения очевидно, что коэффициент технического использования возрастает за счет реализации потерь φ

оценку снижения потерь коэффициента $K_{\text{ти}}$ при увеличении ресурса t_p и сокращении времени пребывания в подсистеме «б» удобно производить с помощью коэффициентов реализации потерь $\varphi_{\text{кр}}$ и $\varphi_{\text{б}}$. Если принять $\varphi=100\%$, то коэффициенты $\varphi_{\text{кр}}$ и $\varphi_{\text{б}}$ определяется в процентах реализации потерь $K_{\text{ти}}$ по следующим зависимостям:

$$\varphi_{\text{кр}} = \frac{D_{\text{кр}} - D'_{\text{кр}}}{D} \cdot 100; \quad \varphi_{\text{б}} = \frac{D_{\text{б}} - D'_{\text{б}}}{D} \cdot 100 \quad (21)$$

При $\varphi_{\text{кр}} > 0$ и $\varphi_{\text{б}} > 0$, величина коэффициента технического использования будет равна:

$$K'_{\text{ти}} = [1 + (\frac{t_{\text{пр.кр.}}}{t'_p} + \frac{t'_{\text{пр.б.}}}{t_{\text{мр}}} + D_0)t_{\text{сс}}]^{-1} \quad (22)$$

Уменьшение параметра $t_{\text{б}}$ обеспечивает снижение удельных простоев машины по причине отказов и неисправностей ρ в (19), величина которых определится как:

$$\rho' = t'_{\text{пр.б.}} \cdot \lambda_{\text{б}} + t_{\text{пр.о.}} \cdot \lambda_0, \quad \text{где } \lambda_{\text{б}} = \frac{t_{\text{сс}}}{t_{\text{мр}}}; \quad \lambda_0 = \frac{t_{\text{сс}}}{t_{\text{н.о.}}} \quad (23)$$

В связи с этим величина коэффициента готовности повысится:

$$K'_r = [1 + (t'_{\text{пр.б.}} \cdot \lambda_{\text{б}} + t_{\text{пр.о.}} \cdot \lambda_0)]^{-1} \quad (24)$$

Анализ зависимостей (9), (13), (14), (17), (22), (23) и (24) показывает, что для повышения t_p , $K_{\text{ти}}$ и K_r необходимо определить имеющиеся резервы сокращения среднего времени восстановления $t_{\text{б}}$ и времени пребывания $t_{\text{пр.б.}}$.

Список литературы:

1. Букреев В.Ю. Влияние технологических факторов на предельно-допустимую плотность тока и толщину осадка при восстановлении корпусных деталей / В.Ю. Букреев, В.Г. Козлов, А.В. Скрыпников, П.А. Бойков, Д.М. Левушкин, В.А. Бурмистров // Строительные и дорожные машины. 2022. № 1. С. 40-48.
2. Комаров В. А. Анализ свойств упрочненных поверхностей деталей узлов ремонтно-технологического оборудования/В. А. Комаров, А. В. Григорьев//Тракторы и сельхозмашины. -2012. -№ 10. -С. 44-46.

3. Комаров В. А. Моделирование контролируемых параметров точности узлов технологического оборудования в зависимости от износа базовых деталей/В. А. Комаров, А. В. Григорьев//Тракторы и сельхозмашины. -2013. -№ 12. -С. 16-19.

4. Комаров В. А. Обеспечение показателей долговечности ремонтно-технологического оборудования/В. А. Комаров, А. В. Григорьев//Тракторы и сельхозмашины. -2010. -№ 11. -С. 43-45.

5. Комаров В. А. Обоснование гарантируемых периодов безотказной работы перерабатывающих машин/В. А. Комаров, Н. И. Одуева//Тракторы и сельхозмашины. -2009. -№ 6. -С. 22-25.

6. Комаров В. А. Повышение безотказности и долговечности перерабатывающего оборудования/В. А. Комаров, Н. И. Одуева//Механизация и электрификация сел. хоз-ва. -2009. -№ 3. -С. 25-27.

7. Комаров В. А. Формирование надежности ремонтно-технологического оборудования на сервисных предприятиях/В. А. Комаров, В. А. Мачнев, А. В. Григорьев//Техника и оборудование для села. -2015. -№ 5. -С. 33-36.

8. Кравченко И.Н. Инженерные методы повышения надежности машин и технологического оборудования / И.Н. Кравченко, А.И. Адилходжаев, В.И. Кондращенко, М.Н. Ерофеев, С.А. Величко. -Ташкент, -2021.

9. Прибылов Д.О. Повышение эксплуатационной надежности транспортно-технологических машин / Д.О. Прибылов, А.С. Колотов // Наука молодых - будущее России. сборник научных статей 6-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. Курск, 2021. С. 160-163.

References

1. Bukreev V.Yu. Vliyanie texnologicheskix faktorov na predel`no dopustimuyu plotnost` toka i tolshhinu osadka pri vosstanovlenii korpusny`x detalej / V.Yu. Bukreev, V.G. Kozlov, A.V. Skry`pnikov, P.A. Bojkov, D.M. Levushkin, V.A. Burmistrov // Stroitel`ny`e i dorozhny`e mashiny`. 2022. № 1. S. 40-48.

2. Komarov V. A. Analiz svojstv uprochnenny`x poverxnostej detalej uzlov remontno-texnologicheskogo oborudovaniya/V. A. Komarov, A. V. Grigor`ev//Traktory` i sel`xozmashiny`. -2012. -№ 10. -S. 44-46.

3. Komarov V. A. Modelirovanie kontroliruemy`x parametrov tochnosti uzlov texnologicheskogo oborudovaniya v zavisimosti ot iznosa bazovy`x detalej/V. A. Komarov, A. V. Grigor`ev//Traktory` i sel`xozmashiny`. -2013. -№ 12. -S. 16-19.

4. Komarov V. A. Obespechenie pokazatelej dolgovechnosti remontno-texnologicheskogo oborudovaniya/V. A. Komarov, A. V. Grigor`ev//Traktory` i sel`xozmashiny`. -2010. -№ 11. -S. 43-45.

5. Komarov V. A. Obosnovanie garantiruemy`x periodov bezotkaznoj raboty` pererabaty`vayushhix mashin/V. A. Komarov, N. I. Odueva//Traktory` i sel`xozmashiny`. -2009. -№ 6. -S. 22-25.

6. Komarov V. A. Povy`shenie bezotkaznosti i dolgovechnosti pererabaty`vayushhego oborudovaniya/V. A. Komarov, N. I. Odueva//Mexanizaciya i e`lektrifikaciya sel. xoz-va. -2009. -№ 3. -S. 25-27.

7. Komarov V. A. Formirovanie nadezhnosti remontno-texnologicheskogo oborudovaniya na servisny`x predpriyatiyax/V. A. Komarov, V. A. Machnev, A. V. Grigor`ev//Texnika i oborudovanie dlya sela. -2015. -№ 5. -S. 33-36.

8. Kravchenko I.N. Inzhenerny`e metody` povыsheniya nadezhnosti mashin i texnologicheskogo oborudovaniya / I.N. Kravchenko, A.I. Adilxodzhaev, V.I. Kondrashhenko, M.N. Erofeev, S.A. Velichko. -Tashkent, -2021.

9. Priby`lov D.O. Povyshenie e`kspluatacionnoj nadezhnosti transportno-texnologicheskix mashin / D.O. Priby`lov, A.S.

Kolotov // Nauka molody`x - budushhee Rossii. sbornik nauchny`x statej 6-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii perspektivny`x razrabotok molody`x ucheny`x. Kursk, 2021. S. 160-163.