

DOI: 10.15393/j2.art.2022.6243

УДК 621.797:629.114.41

Статья

Снижение удельного простоя лесозаготовительной техники в техническом обслуживании и ремонте

Букреев Вадим Юрьевич

аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I» (Российская Федерация), vadimbukreev@gmail.com

Козлов Вячеслав Геннадиевич

доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I» (Российская Федерация), vuа-kozlov@yandex.ru

Скрыпников Алексей Васильевич

доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (Российская Федерация), skrypnikovvsafe@mail.ru

Мануковский Андрей Юрьевич

доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова» (Российская Федерация), тауи1964@mail.ru

Получена: 21 марта 2022 / Принята: 22 апреля 2022 / Опубликовано: 26 апреля 2022

Аннотация: Одной из актуальных областей научного поиска, связанной с системным анализом технических и экономических аспектов производства машин и их эксплуатации, является задача определения оптимальной долговечности. От долговечности зависит величина норм амортизационных отчислений, планирование соотношений затрат на производство новых машин и запасных частей. В настоящее время наметилась тенденция к повышению оптимального срока службы машин лесопромышленного комплекса на основе разработки и обеспечения научно обоснованных нормативов реализации ресурса, нормирования соотношений затрат между сферами производства и эксплуатации лесозаготовительной техники, а также текущего расхода материальных, трудовых и денежных средств. Это позволяет избежать неоправданных потерь и обеспечивает максимальную реализацию свойств надёжности машин с минимальными затратами в эксплуатации. В связи с этим анализ существующих методов определения оптимальной долговечности имеет большое значение

для дальнейшего совершенствования и повышения эффективности эксплуатации лесозаготовительной техники на основе её нормирования и прогнозирования с учётом особенностей функционирования лесопромышленных предприятий. Цель работы состоит в совершенствовании процессов поддержания работоспособности и повышения надёжности деталей и узлов лесозаготовительных и лесотранспортных машин в процессе эксплуатации за счёт снижения удельных простоев машины по причине отказов и неисправностей. В статье представлено математическое обоснование влияния зависимости ресурса технологических машин от уровня суммарных удельных затрат. Приведённая математическая модель представляет собой методологию выявления объективно имеющихся резервов и разработки научно обоснованных мероприятий по повышению надёжности лесозаготовительной и лесотранспортной техники в результате совершенствования процессов поддержания её работоспособности и оптимизации мощности подсистемы.

Ключевые слова: ресурс машин; работоспособность; удельные затраты; долговечность

DOI: 10.15393/j2.art.2022.6243

Article

Reduction of specific downtime of logging equipment in maintenance and repair

Vadim Bukreev

postgraduate student, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great (Russian Federation), vadimbukreev@gmail.com

Vyacheslav Kozlov

D. Sc. in engineering, associate professor, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great (Russian Federation), vya-kozlov@yandex.ru

Alexey Skrypnikov

D. Sc. in engineering, professor, Voronezh State University of Engineering Technologies (Russian Federation), skrypnikovvsafe@mail.ru

Andrey Manukovsky

D. Sc. in engineering, professor, Voronezh State Forestry University named after G. F. Morozov (Russian Federation), mayu1964@mail.ru

Received: 21 March 2022 / Accepted: 22 April 2022 / Published: 26 April 2022

Abstract: One of the relevant tasks of scientific research related to the systematic analysis of technical and economic aspects of machines manufacture and operation is to determine their optimal durability. Machine durability affects depreciation rates and the cost ratio planning for new machines and spare parts manufacture. Currently, there is a tendency to increase the optimal service life of machines of the timber industry complex based on the development and provision of scientifically sound standards for resource realization, normalization of cost ratios between the areas of logging equipment manufacture and operation, as well as on the current expenditure of material, labor and money. Thus, extra expenses might be avoided and maximum realization of machine reliability properties with minimal operating costs might be ensured. In this regard, the analysis of existing methods for determining optimal durability is of great importance to improve the efficiency of logging equipment service on the basis of its normalization, forecasting, and customizing to individual timber enterprises operation. The purpose of the work is to improve the processes of maintaining operability and increasing the reliability of parts and assemblies of logging and timber transport machines during operation by reducing the specific downtime of the machine caused by failures and

malfunctions. The article presents a mathematical justification of the influence of technological machines resource dependence on the level of total cost per unit. The mathematical model presents 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.

Keywords: the resource of machines; efficiency; cost per unit; durability

1. Введение

Анализ выполненных исследований показывает, что реализация свойств лесозаготовительной и лесотранспортной техники существенно зависит от эффективности использования всех видов производственных ресурсов, требующихся для поддержания машин в работоспособном состоянии.

Наметившаяся тенденция увеличения концентрации однотипной техники в специализированных лесозаготовительных организациях создала благоприятные предпосылки для значительного снижения удельного веса затрат на поддержание надёжности и повышения эффективности использования машин.

Всё это вызывает необходимость совершенствования методов управления реализацией свойств надёжности лесозаготовительных и лесотранспортных машин и методов их технической эксплуатации в лесозаготовке. При этом целью является достижение максимального эффекта с минимальными затратами.

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].

2. Материалы и методы

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 трёх групп затрат: затраты связанные с амортизацией и реновацией, стоимость технического обслуживания, а также затраты на поддержание надёжности, обеспечивающие выполнение работ с заданной производительностью.

Рациональный период эксплуатации определяется ресурсом 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 надёжности 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 надёжности 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 надёжности 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 надёжность.

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

Стоимость устранения отказов зависит от четырёх составляющих затрат: затраты на запасные части C_{34i} , трудовые затраты $C_{\text{тп}i}$, затраты на материалы $C_{\text{м}i}$ и стоимость компенсации простоев машины $C_{\text{прост}i}$:

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

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

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

В определённых условиях эксплуатации для ремонтируемых конструктивных элементов существует тесная корреляционная связь между затратами на запасные части и другими составляющими затрат на поддержание их надёжности. В связи с этим можно считать, что $1 + A_i + B_i + C_i = \text{const}$.

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 $A = \frac{C_{\text{тп}}(t)}{C_{34}(t)}$; $B = \frac{C_{\text{м}}(t)}{C_{34}(t)}$; $C = \frac{C_{\text{прост}}(t)}{C_{34}(t)}$; b_{34} — коэффициент функции изменения затрат на запасные части по интервалам наработки; $C_{34}(t)$, $C_{\text{тп}}(t)$, $C_{\text{м}}(t)$, $C_{\text{прост}}(t)$ — 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

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

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. Ввиду 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 приведёт к снижению уровня суммарных средних удельных затрат $C_{\text{уд}}$ и повышению ресурса машины за счёт 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. При этом кривой 1 показано изменение удельных интервальных затрат на поддержание надёжности $C_{\text{пн.ин.}}(t) = b \cdot t^n$ до совершенствования процессов поддержания работоспособности машин, а кривой 2 — изменение удельных интервальных затрат $C'_{\text{пн.ин.}}(t) = b' \cdot t^n$ 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 . Для этого рассмотрим затраты $C_{\text{тр}}(t)$ и $C_{\text{прост}}(t)$.

В условиях значительного сосредоточения однотипных машин в лесозаготовительных организациях поддержание их надёжности осуществляется ремонтными участками, состоящими из двух подсистем: подсистемы по обслуживанию машин на лесосеках и подсистемы по обслуживанию машин на базе лесозаготовительной организации [5], [10].

Первая подсистема представляет собой бригады ремонтных рабочих, закреплённые за машинами технической помощи, а вторая — бригады, объединённые 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 «а» 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 $C_{\text{прост}}(t)$ удобно представить в виде следующих выражений:

$$\begin{aligned} C_{\text{тр}}(t) &= [t_6 \cdot m_6 \cdot N_6(t) + (t_0 + t_{\text{МТП}}) \cdot m_0 \cdot N_0(t)] \cdot C_p; \\ C_{\text{прост}}(t) &= [(t_{\text{ож}} + t_6 + t_{\text{пер}}) \cdot N_6(t) + t_{\text{пр.о.}} \cdot N_0(t)] \cdot C_{\text{пр}}, \end{aligned} \quad (10)$$

где t_6, t_0 — среднее время восстановления работоспособности машины в соответствующих подсистемах; m_6, m_0 — среднее число ремонтных рабочих, обслуживающих требования в подсистемах; $t_{\text{МТП}}$ — 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 .

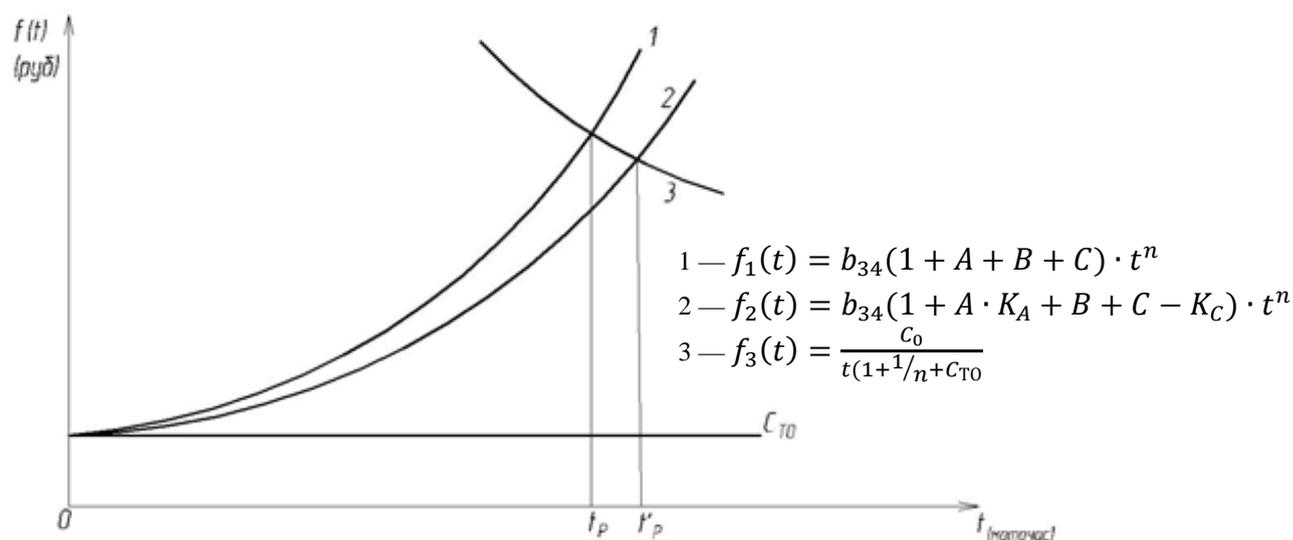


Рисунок. Зависимость ресурса машин от уровня суммарных средних удельных затрат

Figure. The dependence of the machines resource on the level of total average costs per unit

При этом $N_b(t) = \lambda_b \cdot t$; $N_0(t) = \lambda_0 \cdot t$, здесь λ_b, λ_0 — средние интенсивности поступления требований в подсистемы.

Если в приведённом выражении $m_b = const, m_0 = const$, то снижение затрат $C_{тр}(t)$ и $C_{прост}(t)$ обеспечивается сокращением простоев машин в любой из вышеупомянутых подсистем.

3. Результаты

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_b и среднее время пребывания требований в подсистеме $t_{пр.б}$ сократились до значений t'_b и $t'_{пр.б}$.

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

$$\Delta_{тр}(t) = (t_b - t'_b) \cdot m_b \cdot C_p \cdot \lambda_b \cdot t \quad (11)$$

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

Тогда с учётом выражения (8) коэффициенты K_A и K_C определяются следующим образом:

$$K_A = 1 - \frac{\Delta_{тр}(t)}{C_{тр}(t)} = 1 - \frac{(t_b - t'_b) \cdot m_b \cdot \lambda_b}{t_b \cdot m_b \cdot \lambda_b + (t_0 + t_{мтп}) m_0 \lambda_0} \quad (13)$$

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

Как следует из выражения (9), ресурс машины тем больше, чем меньше коэффициенты K_A и K_C , что зависит от того, насколько сократятся параметры t_b и $t_{пр.б}$. 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 $K_{ти}$ и $R_{и}$ в результате совершенствования работы подсистемы «б».

Коэффициент технического использования определяется по формуле

$$K_{ти} = \frac{1}{1 + Dt_{cc}}, \quad (15)$$

где t_{cc} — среднесуточная наработка; D — удельный простой машины в ТО и ремонте.

Рассмотрим величину удельного простоя машины D в виде следующих составляющих:

$$D = D_{кр} + D_b + D_0 \quad (16)$$

Здесь

$$D_{кр} = \frac{t_{пр.кр.}}{t_p}; D_{б} = \frac{t_{пр.б.}}{t_{мр}};$$

$$D_o = \frac{t_{пр.о.}}{t_{н.о.}} + \frac{t_{0.1}}{t_1}(1 - a_1) + \frac{t_{0.2}}{t_2}(1 - a_2) + \frac{t_{о.со.}}{t_{со.}}, \quad (17)$$

где $D_{кр}$, $D_{б}$, D_o — 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.

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

Удельные простои $D_{кр}$, $D_{б}$ и D_o обуславливают потери коэффициента технического использования:

$$\varphi = 1 - K_{ти}. \quad (18)$$

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

$$D'_{кр} = \frac{t_{пр.кр.}}{t'_p}; D'_{б} = \frac{t'_{пр.б.}}{t_{мр}}. \quad (19)$$

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

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

Из приведённого выражения очевидно, что коэффициент технического использования возрастает за счёт реализации потерь φ . Оценку снижения потерь коэффициента $K_{ти}$ при увеличении ресурса t_p и сокращении времени пребывания в подсистеме «б» удобно производить с помощью коэффициентов реализации потерь $\varphi_{кр}$ и $\varphi_{б}$. Если принять $\varphi = 100\%$, то коэффициенты $\varphi_{кр}$ и $\varphi_{б}$ определяются в процентах реализации потерь $K_{ти}$ по следующим зависимостям:

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

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

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

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

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

В связи с этим величина коэффициента готовности повысится:

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

4. Обсуждение и заключение

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

Приведённая математическая модель совместно с моделью, изложенной ранее, представляет методологию выявления объективно имеющихся резервов и разработки научно обоснованных мероприятий по повышению надёжности лесозаготовительной и лесотранспортной техники в результате совершенствования процессов поддержания её работоспособности и оптимизации мощности подсистемы.

Список литературы

1. Букреев В. Ю., Козлов В. Г., Скрыпников А. В., Бойков П. А., Левушкин Д. М., Бурмистров В. А. Влияние технологических факторов на предельно допустимую плотность тока и толщину осадка при восстановлении корпусных деталей // Строительные и дорожные машины. 2022. № 1. С. 40—48.
2. Комаров В. А., Григорьев А. В. Анализ свойств упрочнённых поверхностей деталей узлов ремонтно-технологического оборудования // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 10. С. 44—46.
3. Инженерные методы повышения надёжности машин и технологического оборудования / И. Н. Кравченко, А. И. Адилходжаев, В. И. Кондращенко, М. Н. Ерофеев, С. А. Величко. Ташкент, 2021.
4. Прибылов Д. О., Колотов А. С. Повышение эксплуатационной надёжности транспортно-технологических машин // Наука молодых — будущее России: Сб. науч. ст. 6-й Междунар. науч. конф. перспективных разработок молодых учёных. Курск, 2021. С. 160—163.
5. Komarov V. A., Nuyanzin E. A., Burlankov S. P., Sedova N. V., Burlankov P. S. Formation of professional competencies in agro-engineering areas of training in National Research University // International Journal of Management. 2020. Vol. 11, issue 9. P. 336—344.

6. Henner E. K. Professional knowledge and professional competencies in higher education // *Obrazovaniye i nauka = Education and Science*. 2018. No. 20 (2). P. 9—31. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.17853/1994-5639-2018-2-9-31.
7. Oleinik V. V., Samoilenko A. N., Batsurovskaya I. V., Dotsenko N. A. Formation of professional competencies of future agricultural engineers in a computer-oriented environment of higher education institutions // *Informatsionnyye tekhnologii i sredstva obucheniya = Information technologies and teaching aids*. 2018. No. 68 (6). P. 140—154. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36762568> (accessed 27.01.2020). (In Russ., abstract in Eng.)
8. Kovalev I., Loginov V., Zelenkov P. Practice-oriented model of engineering education // *Turkish Online Journal of Educational Technology*. 2016. P. 231—238. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29466230> (accessed 28.01.2020). (In Eng.)
9. Ilyashenko L. K., Vaganova O. I., Smirnova Z. V., Prokhorova M. P., Gladkova M. N. Forming the competence of future engineers in the conditions of context training // *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018. No. 9 (4). P. 1001—1007. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35479617> (accessed 28.01.2020). (In Eng.)
10. Vaganova O. I., Bulaeva M. N., Shagalova O. G. Methods and technologies of education in practice-oriented learning // *Azimut nauchnykh issledovaniy: Pedagogika i psikhologiya = Azimuth of scientific research: Pedagogy and psychology*. 2019. No. 8 (1). P. 289—292. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26140/anip-2019-0801-0071. (In Eng.)

References

1. Bukreev V. Yu., Kozlov V. G., Skrypnikov A. V., Bojkov P. A., Levushkin D. M., Burmistrov V. A. Vliyanie tekhnologicheskikh faktorov na predel'no-dopustimuyu plotnost' toka i tolshchinu osadka pri vosstanovlenii korpusnykh detalej. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*. 2022, no. 1, pp. 40—48. (In Russ.)
2. Komarov V. A., Grigor'ev A. V. Analiz svoystv uprochnennykh poverhnostey detalej uzlov remontno-tekhnologicheskogo oborudovaniya. *Traktory i sel'hozmashiny*, 2012, no. 10, pp. 44—46. (In Russ.)
3. Kravchenko I. N., Adilhodzhaev A. I., Kondrashchenko V. I., Erofeev M. N., Velichko S. A. *Inzhenernye metody povysheniya nadezhnosti mashin i tekhnologicheskogo oborudovaniya*. Tashkent, 2021. (In Russ.)
4. Pribylov D. O., Kolotov A. S. Povysheenie ekspluatatsionnoy nadezhnosti transportno-tekhnologicheskikh mashin. *Nauka molodyh — budushchee Rossii. sbornik nauchnykh statej 6-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii perspektivnykh razrabotok molodyh uchenykh*. Kursk, 2021, pp. 160—163. (In Russ.)
5. Komarov V. A., Nuyanzin E. A., Burlankov S. P., Sedova N. V., Burlankov P. S. Formation of professional competencies in agro-engineering areas of training in National Research University. *International Journal of Management*, 2020, vol. 11, issue 9, pp. 336—344.
6. Henner E. K. Professional knowledge and professional competencies in higher education. *Obrazovaniye i nauka = Education and Science*, 2018, no. 20 (2), pp. 9—31. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.17853/1994-5639-2018-2-9-31.
7. Oleinik V. V., Samoilenko A. N., Batsurovskaya I. V., Dotsenko N. A. Formation of professional competencies of future agricultural engineers in a computer-oriented environment of higher education institutions. *Informatsionnyye tekhnologii i sredstva obucheniya = Information technologies and teaching aids*, 2018, no. 68 (6), pp. 140—154. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36762568> (accessed 27.01.2020). (In Russ., abstract in Eng.)

8. Kovalev I., Loginov V., Zelenkov P. Practice-oriented model of engineering education. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2016, pp. 231—238. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29466230> (accessed 28.01.2020). (In Eng.)
9. Ilyashenko L. K., Vaganova O. I., Smirnova Z. V., Prokhorova M. P., Gladkova M. N. Forming the competence of future engineers in the conditions of context training. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 2018, no. 9 (4), pp. 1001—1007. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35479617> (accessed 28.01.2020). (In Eng.)
10. Vaganova O. I., Bulaeva M. N., Shagalova O. G. Methods and technologies of education in practice-oriented learning. *Azimuth nauchnykh issledovaniy: Pedagogika i psikhologiya = Azimuth of scientific research: Pedagogy and psychology*, 2019, no. 8 (1), pp. 289—292. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26140/anip-2019-0801-0071. (In Eng.)

© Букреев В. Ю., Козлов В. Г., Скрыпников А. В., Мануковский А. Ю., 2022