

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)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПОДДЕРЖАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРОСТОЕВ МАШИН

EXAMENING THE INFLUENCE OF FACTORS OF ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF PROCESSES OF MAINTAINING OPERABILITY ON THE DURATION OF MACHINE DOWNTIME

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: skrypnikovsafe@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: skrypnikovsafe@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
external student
RSCI SPIN-code: 6152-3708
RSCI Author ID = 242053
e-mail: boik123@gmail.com
Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

Наметившаяся тенденция увеличения концентрации однотипной техники в специализированных лесозаготовительных организациях создало благоприятные предпосылки для значительного снижения удельного веса затрат на поддержание надежности и повышение эффективности использования машин. Всё это вызывает необходимость совершенствования методов управления реализацией свойств надежности лесозаготовительных и лесотранспортных машин и методов их технической эксплуатации в лесозаготовке. При этом целью является достижение максимального эффекта с минимальными затратами.

The emerging trend of increasing the concentration of the same type of equipment in specialized logging organizations has created favorable conditions for a significant reduction in the share of costs for maintaining reliability and increasing the efficiency of using machines. All this makes it necessary to improve the methods of managing the implementation of the reliability properties of logging and timber transport machines and methods of their technical operation in logging. At the same time, the goal is to achieve maximum effect with minimal costs. The system of indicators proposed for evaluating the effectiveness of maintenance and repair processes allows for a quantitative assessment of the impact of a combination

Предложенная для оценки эффективности процессов ТО и ремонта система показателей позволяет осуществить количественную оценку влияния совокупности производственных факторов на длительность простоев машин, а также среднее время пребывания машины в процессе ТО и ремонта

of production factors on the duration of machine downtime, as well as the average time spent by the machine in the maintenance and repair process

Ключевые слова: РАБОТОСПОСОБНОСТЬ, ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРОСТОЕВ, РЕМОНТ МАШИН, НАДЕЖНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Keywords: EFFICIENCY, DURATION OF DOWNTIME, MACHINE REPAIR, RELIABILITY, EFFICIENCY

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-178-002>

Как было установлено раньше, наиболее существенное влияние на продолжительность простоя машины оказывают факторы организации и управления процессами поддержание их работоспособности.

Для количественной оценки этого влияния необходимо выбрать критерии, позволяющие оценивать эффективность использования трудовых ресурсов и установить аналитическую зависимость среднего времени восстановления t_6 от его величины.

В качестве критерия оценки эффективности использования трудовых ресурсов, а также организации и управления технологическими процессами ремонта машин используется коэффициент организованности K_{op} , определяющийся [1-3]

$$K_{op} = \frac{T_n}{m_p \cdot t} \quad (1)$$

где T_n - нормативная трудоемкость ремонтных работ, выполненных ремонтными рабочими подсистемы (m_p) за время t . При этом, если за время t рабочие обслужили P требований, то:

$$T_n = t_{cp} \cdot P \quad (2)$$

где t_{cp} - средняя нормативная трудоемкость обслуживания одного требования.

Коэффициент организованности K_{op} учитывает факторы, оказывающие влияние на эффективность использования трудовых

ресурсов [4]. Рассмотрим влияние факторов организации и управления на среднее время восстановления t_{σ} .

В выражении (1) средняя нормативная трудоемкость обслуживания требования $t_{\text{ср}}$ реализуется m_{σ} числом ремонтных рабочих за время t , в течении которого ими выполняется все множество элементов операций R по восстановлению работоспособности машины. Нормативную трудоемкость $t_{\text{ср}}$ можно представить в виде следующего выражения:

$$t_{\text{ср}} = \sum_{I \in R} t_i \quad (3)$$

где t_i - нормативная трудоемкость выполнения i -го элемента операции из совокупности R .

Предположим, что k -й рабочий, обслуживающий требование, за время t выполняет элементы операций совокупности a_k . При этом $a_k \in R$, а за время t он выполняет $P_i(t)$ элементов операций каждого i -го вида. В этом случае с учетом того, что рабочий в течении времени $t_{\text{п.к.}}(t)$ простаивает без задания, время t можно записать в виде суммы следующих компонент:

$$t = \sum_{i \in Y_{a_k}} (t_{\text{оп},i,k} + \sum_{j \in Y_i} t_{i,j,k}) \cdot P_i(t) + t_{\text{п.к.}}(t) \quad (4)$$

где $t_{\text{оп},i,k}$ - время оперативной работы, затраченное на выполнение i -го элемента операции; $t_{i,j,k}$ - непроизводительная потеря рабочего времени j -го вида k -м рабочим при выполнении i -го вида элемента операции; Y_i - множество индексов видов непроизводительных потерь рабочего времени, сопутствующих выполнению i -го вида элемента операции; Y_{a_k} - множество индексов видов элементов операций совокупности a_k .

Оперативное время выполнения i -го элемента операции $t_{\text{оп},i,k}$ можно записать как:

$$t_{\text{оп},i,k} = \frac{t_i}{q_k} \quad (5)$$

где q_k - коэффициент интенсивности выполнения элемента операции.

Коэффициент q_k интегрально учитывает всю совокупность факторов, оказывающих влияние на интенсивность работы k -го рабочего и определяется по формуле:

$$q_k = \frac{t_{\text{тр.к}}(t)}{t_{\text{оп,к}}(t)} \quad (6)$$

где $t_{\text{тр.к}}(t)$ - суммарная нормативная трудоемкость элементов операций, выполненных k -м ремонтным рабочим за время t ; $t_{\text{оп,к}}(t)$ - время оперативной работы k -го рабочего за время t .

Время оперативной работы k -го ремонтного рабочего $t_{\text{оп,к}}(t)$ можно записать в следующем виде:

$$t_{\text{оп,к}}(t) = \sum_{i \in Y_{a_k}} \frac{t_i}{q_k} \cdot P_i(t) \quad (7)$$

а непроизводительные потери рабочего времени j -го вида k -м рабочим за время t составляет:

$$t_{j.k}(t) = \sum_{j \in Y_{a_k}} t_{i,j,k} \cdot P_i(t) \quad (8)$$

С учетом выражений (4) и (7) формула (2) примет следующий вид:

$$t = t_{\text{оп,к}}(t) + \sum_{j \in Y} t_{jk}(t) + t_{\text{п.к.}}(t) \quad (9)$$

В приведенном выражении компоненты $t_{jk}(t)$ и $t_{\text{п.к.}}(t)$ обусловлены соответствующими факторами организации и управления, вызывающими эти потери рабочего времени. Как было установлено в результате видеофиксации рабочего дня и моментных наблюдений, изменение всех компонентов $t_{\text{оп,к}}(t)$, $t_{jk}(t)$ и $t_{\text{п.к.}}(t)$ во времени происходит по линейным зависимостям:

$$t_{\text{оп,к}}(t) = \alpha_{\text{оп.к}} \cdot t; t_{jk}(t) = \alpha_{jk} \cdot t; t_{\text{п.к.}}(t) = \alpha_{\text{п.к.}} \cdot t \quad (10)$$

где $\alpha_{\text{оп.к}}$, α_{jk} , $\alpha_{\text{п.к.}}$ - угловые коэффициенты.

При установившемся режиме работы подсистемы коэффициенты $\alpha_{\text{оп.к}}$, α_{jk} , $\alpha_{\text{п.к.}}$ отражают соответственно удельный вес времени

оперативной работы, непроизводительных потерь и простоев ремонтного рабочего во времени t . В связи с этим коэффициент $\alpha_{оп.к}$ назван коэффициентом оперативной работы, а α_{jk} и $\alpha_{п.к.}$ - весовыми коэффициентами соответствующих видов потерь рабочего времени.

Эти коэффициенты являются постоянными и объективно характеризуют работу рабочего с учетом всех факторов, влияющих на рабочий процесс. В виду того, что коэффициенты $\alpha_{оп.к}$, α_{jk} , $\alpha_{п.к.}$ отражают удельные веса всего множества видов затрат рабочего времени рабочего, правомерно следующее выражение:

$$\alpha_{оп.к} + \alpha_{jk} + \alpha_{п.к.} = 1 \quad (11)$$

Средние значения этих коэффициентов для подсистемы определяется как:

$$\alpha_{оп} = \frac{\sum_{k=1}^{m_p} \alpha_{оп.к}}{m_p}; \alpha_j = \frac{\sum_{k=1}^{m_p} \alpha_{jk}}{m_p}; \alpha_{п} = \frac{\sum_{k=1}^{m_p} \alpha_{п.к.}}{m_p}; \text{ или}$$

$$\alpha_{оп} = \frac{\sum_{k=1}^{m_p} t_{оп,k}(t)}{m_p \cdot t}; \alpha_j = \frac{\sum_{k=1}^{m_p} t_{jk}(t)}{m_p \cdot t}; \alpha_{п} = \frac{\sum_{k=1}^{m_p} t_{п.к.}(t)}{m_p \cdot t} \quad (12)$$

где m_p – число ремонтных рабочих в подсистеме.

Для средних значений коэффициентов $\alpha_{оп}$, α_j и $\alpha_{п}$ также будет справедливо условие:

$$\alpha_{оп} + \sum_{j \in Y} \alpha_j + \alpha_{п} = 1 \quad (13)$$

Значения коэффициентов $\alpha_{оп}$, α_j и $\alpha_{п}$ можно определить по формулам (13), при этом исходные данные получаются в результате видеофиксации рабочего дня, хронометража работы рабочих, а также моментальных наблюдений.

В соответствии с (8) суммарное рабочее время T_p среднего числа рабочих m_{σ} , обслуживающих одно требование составит:

$$T_p = \sum_{k=1}^{m_{\sigma}} [t_{оп,k}(t) + \sum_{j \in Y} t_{jk}(t) + t_{п.к.}(t)] \quad (14)$$

С учетом выражений (7) и (10) суммарное время оперативной работы $T_{оп}(t)$ за время t будет равно:

$$T_{оп}(t) = \sum_{k=1}^{m_б} \left(\sum_{j \in Y_{ak}} \frac{t_i}{q_k} \cdot P_i(t) \right) = \sum_{k=1}^{m_б} \alpha_{оп.k} \cdot t \quad (15)$$

Принимая все каналы обслуживания в подсистеме однородными, а интенсивность труда ремонтных рабочих подсистемы одинаковой, выражение (15) примет следующий вид:

$$T_{оп}(t) = \frac{\sum_{k=1}^{m_б} (\sum_{i \in Y_{ak}} t_i \cdot P_i(t))}{q} = m_б \cdot \alpha_{оп} \cdot t \quad (16)$$

где q – коэффициент интенсивности труда рабочих подсистемы, определяющийся по формуле:

$$q = \frac{\sum_{k=1}^{m_p} q_k}{m_p} = \frac{T_H}{\sum_{k=1}^{m_p} t_{оп,k}(t)} \quad (17)$$

Из (16) при $t=t_б$ следует, что:

$$\sum_{k=1}^{m_б} (\sum_{i \in Y_{ak}} t_i \cdot P_i(t_б)) = t_{cp} \quad (18)$$

С учетом (18) среднее время восстановления $t_б$ определится из (16) следующим образом:

$$t_б = \frac{t_{cp}}{m_б \cdot q \cdot \alpha_{оп}} \quad (19)$$

Совместный анализ выражений (1), (12) и (17) показывает справедливость следующего соотношения:

$$\alpha_{оп} \cdot q = K_{ор} \quad (20)$$

В этом случае формула (19) примет вид:

$$t_б = \frac{t_{cp}}{m_б \cdot K_{ор}} \quad (21)$$

Из приведенного выражения очевидно, что для сокращения среднего времени восстановления $t_б$ необходимо увеличить коэффициент $K_{ор}$, что достигается в результате совершенствования работы подсистемы «б» в следующих основных направлениях [5]:

-сокращение непроизводительных потерь рабочего времени ремонтных рабочих (увеличение коэффициента $\alpha_{оп}$);

-интенсификация труда ремонтных рабочих (увеличение коэффициента q).

В настоящей работе рассматривается первое направление, т.е. снижение времени простоев машин в результате увеличения коэффициента $\alpha_{оп}$, при этом коэффициент q считается постоянным.

Пусть в результате совершенствования процессов поддержания работоспособности машин коэффициент $\alpha_{оп}$ увеличился, т.е. $\alpha_{оп} > \alpha_{оп.н.}$ В этом случае, время восстановления t_6 уменьшится и будет равным:

$$t'_6 = \frac{t_6 \cdot \alpha_{оп.н.}}{\alpha_{оп}} \quad (22)$$

Рассмотрим, как изменится среднее время пребывания требования в подсистеме $t_{пр.б}$, которое состоит из следующих составляющих:

$$t_{пр.б} = t_{ож} + t_6 \quad (23)$$

Изменение параметра t_6 при увеличении коэффициента нами уже рассматривалось.

В результате выполненных исследований работы подсистемы установлено, что величина среднего времени ожидания $t_{ож}$ зависит в основном от следующих параметров:

1. Времени восстановления t_6 ;
2. Количества каналов обслуживания X ;
3. Интенсивности поступления требований на обслуживание в подсистему от одной машины λ_6 ;
4. Количества машин, обслуживаемых подсистемой m .

Для определения зависимости, позволяющей количественно оценить влияние перечисленных параметров на среднее время ожидания $t_{ож}$ необходимо принять следующие ограничения:

1. Подсистема по обслуживанию машин на базе является системой массового обслуживания без потерь.
2. В подсистеме все каналы обслуживания однородны.

3. Поток требований, входящий в подсистему, является простейшим суммарным потоком, сформированным от равноценных источников.

4. Требования принимаются к обслуживанию в порядке очередности их поступления в подсистему.

Принятые ограничения позволяют рассматривать исследуемую подсистему, как замкнутую систему массового обслуживания.

Как уже отмечалось, увеличение коэффициента $\alpha_{оп} > \alpha_{оп.н.}$ обеспечивает снижение времени восстановления t_6 . Это приведет к изменению режима работы подсистемы в связи с сокращением параметра обслуживания a' , который определится из выражения:

$$a' = \frac{\lambda_6 \cdot t_6 \cdot \alpha_{оп.н.}}{\alpha_{оп}} \quad (24)$$

при $\lambda_6 = const$.

Остальные параметры работы подсистемы при $\alpha_{оп} > \alpha_{оп.н.}$ определяется следующим образом.

Так, вероятность того, что все каналы обслуживания свободны:

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^X \frac{m!}{k!(m-k)!} a'^k + \sum_{k=X+1}^m \frac{m! a'^k}{X^{k-X} X!(m-k)!} \right]^{-1} \quad (25)$$

где X – число каналов обслуживания; m – максимальное число требований в подсистеме.

Среднее число требований, ожидающих обслуживания:

$$M_{ож} = \sum_{k=X+1}^m \frac{(X-k)m! a'^k}{X^{k-X} X!(m-k)!} P_0 \quad (26)$$

Среднее количество свободных каналов в подсистеме:

$$N_0 = \sum_{k=0}^{X-1} \frac{(X-k)m! a'^k}{k!(m-k)!} \cdot P_0 \quad (27)$$

Среднее время ожидания обслуживания:

$$t_{ож} = \frac{M_{ож}}{\mu'_6 (X - N_0)}, \text{ при } \mu'_6 = \frac{\alpha_{оп}}{t_6 \cdot \alpha_{оп.н.}}$$

Анализируя выражения (24) – (27), можно прийти к выводу, что при $a' = const$, каждому значению коэффициента $\alpha_{оп} > \alpha_{оп.н.}$ соответствует множество значений параметров $M_{ож}, N_0, t_{ож}$.

В связи с этим, естественно, возникает задача определения такого количества каналов обслуживания ($X_{оп}$), при котором работа подсистемы будет оптимальной по критерию минимума удельных издержек $C_{из.уд.}$ от простоя машин в очереди и простоя каналов обслуживания подсистемы:

$$C_{из.уд.} = M_{ож} \cdot C_{пр} + N_0 \cdot m_б \cdot C_p \rightarrow min \quad (28)$$

Функция суммарных удельных издержек $C_{из.уд.}$ определяется для каждого значения параметра a . При этом параметры $M_{ож}, N_0$ вычисляются по формулам (23) и (24) для различного количества каналов обслуживания X . Минимуму суммарных удельных издержек $C_{из.уд.}$ соответствует оптимальное количество каналов обслуживания $X_{оп}$ и значения параметров $M'_{ож}, N'_0, t'_{ож}, t'_{пр.б.}$, характеризующие оптимальный режим работы подсистемы при фиксированном значении коэффициента $\alpha_{оп} > \alpha_{оп.н.}$.

Такой метод определения $X_{оп}$ требует осуществления расчетов на компьютере. Учитывая это, разработана методика для приближенного определения $X_{оп}$.

Очевидно, что N'_0 представляет оптимальный резерв каналов обслуживания, который обеспечивает эффективную работу подсистемы в условиях вероятностного характера поступления требований.

При $\lambda_б = const$ оптимальное количество каналов обслуживания $X_{оп}$ можно представить в виде следующих составляющих:

$$X_{оп} = X_T + N'_0 \quad (29)$$

где X_T - технологически необходимое количество каналов обслуживания, которое можно определить из выражения:

$$X_T = \frac{N_p \cdot \lambda_б}{\mu'_б} = \frac{m \cdot K_{ги}^* \cdot t_{cc} \cdot t'_б}{t_{мп}} \quad (30)$$

Здесь N_p - работоспособное количество машин, а $K_{ги}^* = \frac{N_p}{m}$;

Таким образом, для расчета $X_{оп}$, необходимо получить зависимость для определения N_0 .

Среднее количество требований, ожидающих обслуживания $M_{ож}$, с достаточной точностью можно определить по соотношению:

$$M'_{ож} = \frac{P_{оч} \cdot X_T}{N'_0} \quad (31)$$

где $P_{оч}$ – вероятность образования очереди.

Учитывая выражение (31), формула (28) примет следующий вид

$$C_{из.уд.} = \frac{P_{оч} \cdot X_T}{N'_0} C_{пр} + N'_0 \cdot C_k \quad (32)$$

где C_k - средняя стоимость суточного простоя канала обслуживания.

Взяв производную от $C_{из.уд.}$ и приравняв ее нулю, получим выражение для определения N'_0 :

$$N'_0 = \sqrt{\frac{P_{оч} \cdot X_T \cdot C_{пр}}{C_k}} \quad (33)$$

В этом случае X_T определится по (29).

В результате увеличения коэффициента $\alpha_{оп} > \alpha_{оп.н.}$ и оптимизации работы подсистемы, среднее время пребывания требования в подсистеме $t'_{пр.б.}$ сократится и будет равным:

$$t'_{пр.б.} = t'_{ож} + t'_б \quad (34)$$

Анализируя выше сказанное можно отметить, что предложенная для оценки эффективности процессов ТО и ремонта система показателей, включающая коэффициенты оперативной работы $\alpha_{оп.}$, непроизводительных потерь рабочего времени ремонтным персоналом α_j , и интенсивности труда q , позволяет осуществить:

- количественную оценку влияния всей совокупности производственных факторов на длительность простоев машин, величину

затрат на поддержание их надежности, а также показатели долговечности, безотказности и ремонтпригодности;

- количественную оценку и прогнозирование нормируемых показателей надежности машин с учетом условий их технической эксплуатации и изменения режима функционирования системы поддержания работоспособности и ее элементов при совершенствовании процессов ТО и ремонта.

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. 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.
3. Комаров В. А. Обеспечение показателей долговечности ремонтно-технологического оборудования/В. А. Комаров, А. В. Григорьев//Тракторы и сельхозмашины. -2010. -№ 11. -С. 43-45.
4. 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.
5. 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.
6. 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. 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.
3. 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.

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

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

6. Priby`lov D.O. Povy`shenie 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.