

Совершенствование информационного обеспечения и экспериментальная оценка повышения коэффициента оперативной работы ремонтного персонала при централизации управления процессами ТО и ТР

Ю.Ю. Володина^a, В.Ю. Букреев^b, А.В. Скрыпников^c, А.Н. Брюховецкий^d,
П.А. Бойков^e, А.Б. Бондарев^f, И.А. Викулин^g

Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции, 19, Воронеж, Россия

^a juliya_volodina@mail.ru, ^b bukreev-vyu@list.ru, ^c skrypnikovvsafe@mail.ru, ^d bryuhovetski-an@yandex.ru,

^e pboy-kov23@mail.ru, ^f aleksbbond@list.ru, ^g vikigor1719@mail.ru

^a <https://orcid.org/0000-0003-2768-1937>, ^b <https://orcid.org/0000-0001-6061-4125>, ^c <https://orcid.org/0000-0003-1073-9151>,

^d <https://orcid.org/0000-0003-3247-3411>, ^e <https://orcid.org/0000-0001-8943-5622>, ^f <https://orcid.org/0000-0002-2902-7528>

^g <https://orcid.org/0000-0001-5072-6748>

Статья поступила 11.07.2022, принята 16.09.2022

В статье рассмотрены результаты исследования возможностей повышения коэффициента оперативной работы ремонтного персонала при централизации управления процессами технического обслуживания и ремонта с целью совершенствования технической эксплуатации лесозаготовительной и лесотранспортной техники. Изменение условий технической эксплуатации машин должно сопровождаться совершенствованием методов организации и управления процессами производства ТО и ремонта, организационной структуры системы поддержания надежности, информационного обеспечения, а также оптимизации работы подразделений по ТО и ремонту с учетом специфических особенностей работы каждого типа лесопромышленного предприятия. Это во многом связано с принципиальными взаимоотношениями между людьми в связи с перераспределением функций. Выполненные экспериментальные исследования показали целесообразность формирования подразделений производственной структуры ремонтного участка с учетом специализации протекающих технологических процессов — 1) ремонта машин, 2) технологического обслуживания и диагностики технического состояния машин, 3) ремонта агрегатов и узлов, восстановления и изготовления деталей, не входящих в номенклатуру поставляемых запчастей, 4) подготовки производства, 5) оперативного управления. Такой принцип формирования производственных подразделений позволит осуществить широкую высокоорганизованную кооперацию между группами и/или комплексами подразделений с адекватными производственными процессами и существенно снизить трудоемкость управления ими. В результате выполненных экспериментальных исследований были разработаны рекомендации по совершенствованию системы поддержания работоспособности лесозаготовительной и лесотранспортной техники. Проведенные исследования позволили выявить значительные резервы повышения эффективности использования лесозаготовительной и лесотранспортной техники, реализацию которой можно осуществить за счет внедрения разработанных рекомендаций по рациональной организации работы ремонтно-профилактических подразделений и централизации управления процессами поддержания работоспособности машин и оборудования лесозаготовительных организаций.

Ключевые слова: ТО и ремонт; поддержание работоспособности; лесозаготовительная и лесотранспортная техника; ремонтный персонал; совершенствование ИС.

Improvement of information support and experimental evaluation of the increase in the coefficient of operational work of repair personnel with the centralization of the management of maintenance and repair processes

Yu.Yu. Volodina^a, V.Yu. Bukreev^b, A.V. Skrypnikov^c, A.N. Bryukhovetsky^d,
P.A. Boikov^e, A.B. Bondarev^f, I.A. Vikulin^g

Voronezh State University of Engineering Technologies; 19, Revolutsii Ave., Voronezh, Russia

^a juliya_volodina@mail.ru, ^b bukreev-vyu@list.ru, ^c skrypnikovvsafe@mail.ru, ^d bryuhovetski-an@yandex.ru,

^e pboy-kov23@mail.ru, ^f aleksbbond@list.ru, ^g vikigor1719@mail.ru

^a <https://orcid.org/0000-0003-2768-1937>, ^b <https://orcid.org/0000-0001-6061-4125>, ^c <https://orcid.org/0000-0003-1073-9151>,

^d <https://orcid.org/0000-0003-3247-3411>, ^e <https://orcid.org/0000-0001-8943-5622>, ^f <https://orcid.org/0000-0002-2902-7528>,

^g <https://orcid.org/0000-0001-5072-6748>

Received 11.07.2022, accepted 16.09.2022

This article discusses the results of a study of the possibilities of increasing the coefficient of operational work of repair personnel with the centralization of the management of maintenance and repair processes in order to improve the technical operation of logging and forestry equipment. Changing the conditions of technical operation of machines should be accompanied by the improvement of methods for organizing and managing the processes of maintenance and repair, the organizational structure of the reliability maintenance system, information support, as well as optimizing the work of maintenance and repair units, taking into account the specific features of the work of each type of timber industry enterprise. This is largely due to the fundamental relationship between people in connection with the redistribution of functions. The performed experimental studies have shown the feasibility of forming subdivisions of the production structure of the repair site, taking into account the specialization of the ongoing technological processes: 1. machine repair, 2. technological maintenance and diagnostics of the technical condition of machines, 3. Repair of units and assemblies, restoration and manufacture of parts that are not included in the range of supplied spare parts. 4. pre-production, 5. operational management. This principle of formation of production units will make it possible to implement broad highly organized cooperation between groups and/or complexes of units with adequate production processes and significantly reduce the complexity of managing them. As a result of the experimental studies performed, recommendations are developed for improving the system for maintaining the performance of logging and forestry equipment. The studies carried out make it possible to identify significant reserves for increasing the efficiency of the use of logging and forest transport equipment, the implementation of which can be carried out through the implementation of the developed recommendations for the rational organization of the work of maintenance and preventive units and the centralization of the management of the processes of maintaining the operability of machines and equipment of logging organizations.

Keywords: maintenance and repair; maintenance of working capacity; logging and forestry equipment; repair personnel; improvement of information systems.

Введение. Высокая координация работ и качество принятия решений в области оперативного управления достигаются при внедрении современных информационно-интеллектуальных систем в управление производством. Однако применение информационно-интеллектуальных систем должно следовать за рационализацией технических процессов, оптимизацией методов и структуры организации и управления и четкой постановкой задач для компьютера. Этот этап совершенствования систем организации и управления является первым шагом на пути создания высокоэффективных автоматизированных систем управления производством [6; 18].

В зависимости от задач, объема информации, способов ее регистрации, передачи и обработки определяется тип информационно-интеллектуальной системы, которая могла бы решать формализованные с помощью экономико-математических методов современные проблемы производства [8; 17; 20].

Анализ основных тенденций совершенствования технической эксплуатации лесозаготовительной и лесотранспортной техники говорит о том, что существующие методы обеспечения работоспособности перестали соответствовать возросшим требованиям лесопромышленных предприятий и существенно снижают эффективность эксплуатации парков машин [1; 4; 5].

Изменение условий технической эксплуатации машин должно сопровождаться совершенствованием методов организации и управления процессами производства ТО и ремонта, организационной структуры системы поддержания надежности, информационного обеспечения, а также оптимизации работы подразделений по ТО и ремонту с учетом специфических особенностей работы каждого типа лесопромышленного предприятия. Это во многом связано с принципиальными взаимоотношениями между людьми в связи с перераспределением функций.

Совершенствование перечисленных аспектов позволяет существенно сократить простои лесозаготовительной и лесотранспортной техники при ТО и ремон-

те, а также затраты на поддержание ее работоспособности, что обеспечит повышение надежности машин в процессе эксплуатации [2; 7; 11].

С целью определения факторов организации и управления, влияющих на время простоев машин, был проведен анализ работы системы при выполнении элементов операций в определенной последовательности. При этом процесс выполнения персоналом системы каждого элемента технологической операции подвергался анализу, начиная с момента возникновения потребности в нем до полного завершения этого элемента одним из исполнителей. В процессе анализа каждый элемент операции рассматривался как вид работ, для выполнения которого требуются все виды производственных ресурсов: рабочий, оборудование, инструмент, запасная часть, материал и т. д.

Информационно-логический анализ работы системы осуществлялся путем последовательного перебора и анализа возможных при выполнении элемента операции производственных ситуаций. В результате анализа ситуации каждое производственное лицо, участвующее в процессе выполнения, должно принимать возможные в каждой ситуации решения. В результате анализа этих действий определялись новые возможные ситуации, которые также подвергались анализу, каждое действие производственного лица, предпринятое им после оценки ситуации, расценивалось как разновидность затрат рабочего времени и заносилось в таблицу.

Таким образом, разработка метода аналитического исследования функционирования системы позволила исследовать природу наиболее существенных факторов, влияющих на эффективность использования трудовых ресурсов и простои машин. Это является необходимым условием для разработки эффективных методов сокращения простоев машин и повышения надежности лесозаготовительной и лесотранспортной техники в процессе эксплуатации [3; 9].

Выполненный анализ работы исследуемой системы показал, что инженерно-технические работники системы загружены решением большого количества оперативных вопросов. Низкое качество управленческих решений, как правило, является следствием того,

что они принимаются в условиях дефицита времени, не дающего возможности оценить ситуацию с учетом особенностей функционирования всех подразделений системы. Это состояние во многом объясняется децентрализацией оперативного управления производственными процессами [10].

Высокая концентрация функций оперативного и административного управления в рамках одной должности обуславливает необходимость в искусственном интеллекте и использовании большого количества различной информации для принятия решений. Это снижает эффективность работы всей системы.

В целях устранения указанных недостатков необходимо строго разграничить функции оперативного и административного управления, специализировать ряд должностных лиц на выполнение отдельных функций оперативного управления и создать все необходимые условия для высокой кооперации управленческого труда. Эта проблема может быть решена при включении в систему управления эффективного центра координации, обеспечивающего гибкость и высокую адаптивность системы к быстро изменяющимся условиям технической эксплуатации лесозаготовительной и лесотранспортной техники [12–15; 19].

Для разработки основных положений функционирования такого центра на опытном предприятии было проведено экспериментальное исследование, в задачи которого были включены:

- анализ потоков документированной и устной информации;
- совершенствование системы сбора и обработки информации о процессах поддержания работоспособности машин и их надежности;
- разработка, экспериментальная проверка и корректировка технологии работы центра оперативного управления;
- создание центра управления и оценка его эффективности.

Были выявлены и проанализированы маршруты движения существующих 88 форм документов, составляющих документооборот системы (первичных форм — 53, сводных форм — 8, отчетных — 13, нестандартных форм — 14 шт.).

Анализ показал, что несмотря на большое количество первичных форм, документы содержат явно недостаточное количество информации, необходимой для осуществления оперативного управления. Локальное значение имеют 14 форм документов, а фиксируемая в них информация не подвергается дальнейшему учету и не используется для анализа и координации работы всех подразделений системы. Большая часть оперативной информации, содержащейся в документах, необоснованно дублируется.

Следует отметить, что основное количество оперативной информации нигде не фиксируется, и за ее достоверность фактически никто не несет ответственности. Ввиду слабой оснащенности зон ТО и ремонта средствами оперативной связи и отсутствия центра управления информационные связи поглощают значительную часть рабочего времени ремонтного персонала [16].

Отмеченные недостатки информационной системы вызвали необходимость разработки основополагающих

принципов совершенствования процесса управления:

1. Оперативное управление процессами ТО и ремонта должно осуществляться централизованно из центра управления.

2. Специализация должностных лиц на отдельных функциях оперативного управления должна соответствовать решаемым задачам.

3. Обмен оперативной информацией между центром управления и подразделениями производственной структуры должен осуществляться по хорошо развитой системе оперативной связи и посредством первичных форм документов.

4. Вся информация, необходимая для оперативного управления, должна фиксироваться в оперативной документации центра управления.

5. Формирование документов должно соответствовать основным задачам оперативного управления процессами поддержания работоспособности машин.

В целях совершенствования документооборота системы была определена вся необходимая для оперативного управления информация, которая подразделялась на массивы соответственно следующим основным задачам центра управления:

1. Календарного планирования работы подразделения производственной структуры.
2. Оперативного планирования работы ремонтного персонала.
3. Планирования и управления процессами подготовки производства ТО и ремонта.
4. Выдачи заданий ремонтным рабочим, учета и контроля их выполнения.
5. Управления процессами материально-технического обеспечения рабочих мест, контроля и учета использования материальных ресурсов.
6. Анализа и устранения возникающих отклонений.
7. Разработки эффективных мероприятий по совершенствованию процессов ТО и ремонта, а также повышению надежности лесозаготовительной и лесотранспортной техники в процессе эксплуатации.

Для регистрации и учета выделенных массивов информации были разработаны формы учетных и оперативных документов. При их формировании учитывались назначение каждого документа, очередность поступления и важность информации, а также удобство ее регистрации, хранения, ручной и машинной обработки.

Ремонтный листок является основным документом учета, предназначенным для обеспечения подразделений системы информацией, необходимой для выполнения ремонтов.

Оперативный план распорядительного центра управления ремонтом предназначен для осуществления оперативного планирования и управления процессами ТО и ремонта машин на постах ремонтной базы лесозаготовительной организации. Он отражает динамику процесса производства ТО и ремонта и содержит следующую информацию: сведения о машинах, поступивших в ремонт, их неисправностях; шифры подразделений и исполнителей, выполняющих постовые работы по неисправным группам (системам) машины; планируемые сроки выполнения подготовки производства и ремонтных работ, а также шифры подразделений и лиц, по вине которых имели место производственные отклонения.

Для планирования и управления работой подразделений системы, осуществляющих восстановление ремонтного фонда и снятых с машин неисправных элементов, изготовление требующихся деталей, а также сварочные, окрасочные и другие виды ремонтных работ, разработан оперативный план работы комплекса ремонтных отделений. В нем фиксируются сведения о требующихся восстановлению и изготовления элементов машин и их неисправностях, шифры подразделений и исполнителей технических воздействий, планируемые сроки выполнения работ и другая необходимая информация.

Контрольный талон предназначен для выдачи заданий каждому ремонтному рабочему и контроля качества, объемов и своевременности фактически выполненных им работ.

В целях эффективного управления процессом подготовки производства разработаны: план резервирования и доставки запасных частей на рабочие места и оперативный план подготовки производства. В них регистрируются сведения о требующихся на следующую смену запасных частях и материалах, сроках их поставки на рабочие места, а также отражается работа слесарей-комплектовщиков, осуществляющих материальные связи между подразделениями системы и персонала моечно-дефектовочного отделения.

Журнал центра управления предназначен для регистрации в нем информации о возникающих в процессе работы системы отклонениях и мерах, принимающихся по их устранению.

Сведения о результатах работы системы за смену отражает отчет центра управления.

Кроме описанных документов, был разработан также ряд форм накопителей информации, необходимой для разработки эффективных мероприятий по совершенствованию системы.

Внедрение разработанных документов сокращает количество используемых форм на 33 % и обеспечивает все уровни управления необходимым объемом качественной информации. Технология заполнения документов создает возможность взаимного контроля ответственных лиц в процессе производства ТО и ремонта машин, что обеспечивает достоверность и полноту регистрируемой в них информации.

Выполненные исследования позволили определить рациональную схему размещения средств оперативной связи в зонах ТО и ремонта. Для экспериментальной проверки и корректировки технологии работы центра оперативного управления и сбора необходимой статистической информации о процессах поддержания работоспособности лесозаготовительной и лесотранспортной техники и ее надежности был создан опытный центр управления ремонтом (ЦУР).

Обмен информацией между центром управления и рабочими местами подразделений системы осуществлялся с помощью разработанной системы оперативной связи — распределенных в зонах ТО и ремонта машин, их агрегатов и деталей установок диспетчерской связи, а также громкоговорящих устройств.

Информация о поступивших в ремонт машинах, требующихся материальных ресурсах, процессах подготовки производства и ремонта машин, их агрегатов, узлов и деталей, объемах выполненных работ, их каче-

стве, а также простоях машин и производственного персонала и т. д. фиксировалась в разработанных документах работниками центра управления.

Фиксируемая информация позволила производить анализ практически всех имеющих место отклонений производства и возникающих ситуаций, осуществить количественную оценку основных параметров функционирования подразделений системы.

Необходимая для анализа эффективности работы системы информация обрабатывалась с помощью современных информационно-интеллектуальных систем.

Таким образом, объективно оценивалась работа всех подразделений системы. В процессе отработки общей технологии работы системы в условиях централизованного управления процессами ремонта машин корректировались ее различные элементы, в том числе и оперативная документация.

Выполненные экспериментальные исследования показали целесообразность формирования подразделений производственной структуры ремонтного участка с учетом специализации протекающих технологических процессов:

1. Ремонта машин.
2. Технологического обслуживания и диагностики технического состояния машин.
3. Ремонта агрегатов и узлов, восстановления и изготовления деталей, не входящих в номенклатуру поставляемых запчастей.
4. Подготовки производства.
5. Оперативного управления.

Такой принцип формирования производственных подразделений позволит осуществить широкую высокоорганизованную кооперацию между группами (комплексами) подразделений с адекватными производственными процессами и существенно снизить трудоемкость управления ими.

В результате выполненных экспериментальных исследований были разработаны рекомендации по совершенствованию системы поддержания работоспособности лесозаготовительной и лесотранспортной техники.

В целях совершенствования процессов поддержания работоспособности машин и повышения на этой основе их надежности разработаны и внедрены:

1. Организационная структура управления системой.
2. Документы — носители информации.
3. Система оперативной связи.
4. Технология функционирования подразделений по ТО и ремонту машин.

Как было установлено в результате информационно-логического анализа методом моделей, совершенствование указанных аспектов позволит сократить непроизводительные затраты рабочего времени ремонтными рабочими. Поэтому после внедрения разработанных рекомендаций по методике, приведенной ранее, была проведена повторная количественная оценка коэффициентов видов потерь рабочего времени рабочих $\alpha_j, \alpha_n, \alpha_{on}$, которая показала, что предлагаемые в работе рекомендации позволяют сократить виды потерь рабочего времени.

Сокращение указанных видов непроизводительных потерь рабочего времени (см. таблицу) обеспечивает

повышение коэффициента оперативной работы от 0,397 до 0,525 при некотором увеличении удельного веса времени подготовительно-заключительных работ.

Увеличение этой составляющей объясняется более

высокими требованиями к качеству технических воздействий, предъявляемыми к работникам введенной в структуру системы группы технического контроля.

Таблица. Сокращение видов непроизводительных потерь рабочего времени

Шифр вида потерь	Значения коэффициентов		Шифр вида потерь	Значения коэффициентов	
	До совершенствования	После совершенствования		До совершенствования	После совершенствования
1, 2	0,064	0,021	18	0,025	0,018
3	0,018	0,005	20	0,015	0,006
12	0,049	0,018	23	0,018	0,014
17	0,071	0,044	24	0,061	0,067

Заключение. Снижение непроизводительных потерь рабочего времени ремонтных рабочих и повышение за счет этого коэффициента α_{on} от 0,397 до 0,525 свидетельствует о высокой эффективности ЦУР.

Естественно, значение коэффициента $\alpha_{on} = 0,525$ не является предельным и соответствует лишь первоначальному этапу работы системы централизованного управления процессами ТО и ремонта.

В связи с этим следует также ожидать весьма суще-

ственного повышения коэффициента α_{on} за счет сокращения других видов непроизводительных потерь рабочего времени ремонтных работ.

Таким образом, выполненные теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать рекомендации по повышению эффективности процессов поддержания работоспособности лесозаготовительной и лесотранспортной техники и апробировать их.

Литература

1. Логойда В.С., Болтнев Д.Е. Разработка методики статистического анализа данных о надежности машин в режиме диалога с информационной системой // Проблемы совершенствования машин, оборудования и технологий в агропромышленном комплексе: материалы междунар. науч.-технической конф. (23-24 окт. 2019 г.). Воронеж, 2019. С. 152-161.
2. Popov M.I., Skrypnikov A.V., Khvostov V.A., Kozlov V.G., Kozlov D.G., Bukreev V.Y., Tikhomirov P.V., Abasov M.A. Accelerated convergence of numerical solution to square plate bending problem // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2020. V. 19. № 1. P. 969-976.
3. Букреев В.Ю., Козлов В.Г. Снижение удельного простоя лесозаготовительной техники в техническом обслуживании и ремонте // Resources and Technology. 2022. № 2. V. 19. P. 48-60.
4. Букреев В.Ю., Козлов В.Г. Влияние технологических факторов на предельно допустимую плотность тока и толщину осадка при восстановлении корпусных деталей // Строительные и дорожные машины. 2022. № 1. С. 40-48.
5. Букреев В.Ю., Козлов В.Г. Методы определения показателей надёжности машин и основные направления их совершенствования // Строительные и дорожные машины. 2022. № 2. С. 17-23.
6. Букреев В.Ю., Козлов В.Г. Математическое обоснование влияния суммарных удельных затрат на повышение надежности технологических машин // Политематический сетевой электр. науч. журнал Кубанского гос. аграрного ун-та. 2022. № 177. С. 321-332.
7. Боровлев А.О., Высоцкая И.А. Повышение эффективности лесовозных автомобильных дорог // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 4. С. 9-13.
8. Могутнов Р.В., Козлов В.Г. Математическая модель геометрических и технических параметров лесных и сельскохозяйственных машин // Механизация и автоматизация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: материалы нац. науч.-практической конф. (25 сент. 2020 г.). Воронеж, 2020. С. 441-451.
9. Enhancing forest machine efficiency [Electronic resource]: review // Australia. Forest and Wood, 2010. 48 p.
10. Hwang C.L., Masud A. Multiple Objective Decision Making - Methods and Applications: A State of the Art Survey: Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems № 164, Springer-Verlag. New York, 1979.
11. Köhler Jochen. Reliability of Timber Structures [Electronic resource]. Zurich: SFIT, 2007. 241 p.
12. Козлов В.Г. Формирование модели проектирования системы "дорожные условия - транспортные потоки" и пути ее реализации // Лесотехнический журнал. 2018. Т. 8. № 1 (29). С. 100-111.
13. Kozlov V.G. Enhancing quality of road pavements through adhesion improvement // Journal of the Balkan Tribological Association. 2019. № 3. P. 678-694.
14. Ryabova O.V. Studying a geographical environment for road design // Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2021. № 1 (49). P. 66-78.
15. Labudin B.V., Ivko V.R., Koltsova E.I. Increasing pit road inclinations at high latitude deposits of solid minerals // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2020. № 15 (19). P. 2168-2173.
16. Пилюшина Г.А., Памфилов Е.А., Козлов В.Г. Повышение работоспособности и межсервисного обслуживания рабочих органов и трибосистем технологических машин: моногр. Воронеж, 2021. 303 с.
17. Никитин В.В. Математическая модель сети лесовозных автомобильных дорог на основе оптимальных параметров // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы нац. науч.-практической конф. (19-21 апр. 2022.). Воронеж, 2022. С. 120-134.
18. Сафонова Ю.А., Чирков Е.В., Самцов В.В., Абасов М.А. Исследование вероятностных зависимостей, обуславливающих планирование ритмичного строительства лесовозных автомобильных дорог // Лесной вестн. Forestry Bulletin. 2018. Т. 22. № 6. С. 79-87.
19. Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Samtsov V.V., Nikitin V.V., Denisenko V.V., Boltnev D.E. Theoretical background of road landscape zoning // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. International Conference on En-

gineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production, 2021. P. 012011.

20. Чирков Е.В. Информационная модель критерия оптимальности трассы лесовозной автомобильной дороги // Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса: материалы V Междунар. науч.-практической конф. (21 мая 2021 г.) Воронеж. гос. ун-т инженерных технологий, 2021. С. 361-370.

References

1. Logojda V.S., Boltnev D.E. Development of a methodology for statistical analysis of data on the reliability of machines in a dialogue mode with an information system // Problemy sovershenstvovaniya mashin, oborudovaniya i tekhnologij v agropromyshlennom komplekse: materialy mezhdunar. nauch.- tekhnicheskoy konf. (23-24 okt. 2019 g.). Voronezh, 2019. P. 152-161.
2. Popov M.I., Skrypnikov A.V., Khvostov V.A., Kozlov V.G., Kozlov D.G., Bukreev V.Y., Tikhomirov P.V., Abasov M.A. Accelerated convergence of numerical solution to square plate bending problem // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2020. V. 19. № 1. P. 969-976.
3. Bukreev V.YU., Kozlov V.G. Reducing the specific downtime of logging equipment in maintenance and repair // Resources and Technology. 2022. № 2. V. 19. P. 48-60.
4. Bukreev V.YU., Kozlov V.G. Influence of technological factors on the maximum permissible current density and deposit thickness during the restoration of body parts // Construction and Road Building Machinery. 2022. № 1. P. 40-48.
5. Bukreev V.YU., Kozlov V.G. Methods for determining the reliability indicators of machines and the main directions of their improvement // Construction and Road Building Machinery. 2022. № 2. P. 17-23.
6. Bukreev V.YU., Kozlov V.G. Mathematical substantiation of the influence of total unit costs on improving the reliability of technological machines // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University Scientific Journal of KubSAU. 2022. № 177. P. 321-332.
7. Borovlev A.O., Vysockaya I.A. Improving the efficiency of logging roads // Modern High Technologies. 2021. № 4. P. 9-13.
8. Mogutnov R.V., Kozlov V.G. Mathematical model of geometric and technical parameters of forestry and agricultural machines // Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya tekhnologicheskikh processov v sel'skohozyajstvennom proizvodstve: materialy nac. nauch.-prakticheskoy konf. (25 sent. 2020 g.). Voronezh, 2020. P. 441-451.
9. Enhancing forest machine efficiency [Electronic resource]: review // Australia. Forest and Wood, 2010. 48 p.
10. Hwang S.L., Masud A. Multiple Objective Decision Making - Methods and Applications: A State of the Art Survey: Lecture Notes in Economics and Matematical Systema № 164, Springer-Verlag. New York, 1979.
11. Köhler Jochen. Reliability of Timber Structures [Electronic resource]. Zurich: SFIT, 2007. 241 p.
12. Kozlov V.G. Design model of "road conditions - transport flow" system and its implementation // Forestry Engineering Journal. 2018. V. 8. № 1 (29). P. 100-111.
13. Kozlov V.G. Enhancing quality of road pavements through adhesion improvement // Journal of the Balkan Tribological Association. 2019. № 3. P. 678-694.
14. Ryabova O.V. Studying a geographical environment for road design // Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2021. № 1 (49). P. 66-78.
15. Labudin B.V., Ivko V.R., Koltsova E.I. Increasing pit road inclinations at high latitude deposits of solid minerals // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2020. № 15 (19). P. 2168-2173.
16. Pilyushina G.A., Pamfilov E.A., Kozlov V.G. Increasing the efficiency and interservice maintenance of working bodies and tribosystems of technological machines: monogr. Voronezh, 2021. 303 p.
17. Nikitin V.V. Mathematical model of a network of logging roads based on optimal parameters // Teoriya i praktika innovatsionnykh tekhnologij v APK: materialy nac. nauch.-prakticheskoy konf. (19-21 apr. 2022.). Voronezh, 2022. P. 120-134.
18. Safonova YU.A., Chirkov E.V., Samcov V.V., Abasov M.A. Study of probabilistic dependencies that determine the planning of the rhythmic construction of logging roads // Lesnoj vestn. Forestry Bulletin. 2018. V. 22. № 6. P. 79-87.
19. Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Samtsov V.V., Nikitin V.V., Denisenko V.V., Boltnev D.E. Theoretical background of road landscape zoning // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production, 2021. P. 012011.
20. Chirkov E.V. Information model of the optimality criterion for the route of a logging road // Sistemnyj analiz i modelirovanie processov upravleniya kachestvom v innovatsionnom razvitii agropromyshlennogo kompleksa: materialy V Mezhdunar. nauch.-prakticheskoy konf. (21 maya 2021 g.) Voronezh. gos. un-t inzhenernykh tekhnologij, 2021. P. 361-370.