

## Научная статья

УДК 658.5

DOI: 10.26730/1999-4125-2022-3-64-74

**ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ОБОРУДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА  
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ****Хажиев Вадим Аслямович**

Научно-исследовательский институт эффективности и безопасности  
горного производства

\*для корреспонденции: vadimkhazhiev@gmail.com

**Аннотация.**

**Актуальность работы:** оценка результатов функционирования системы эксплуатации оборудования технологического комплекса по ряду передовых горнодобывающих предприятий России показала, что взаимодействие двух ее основных подсистем – технического использования и ремонтного обслуживания оборудования – характеризуется как рассогласованное. Рассогласованное взаимодействие рассматриваемых подсистем обуславливает работу оборудования с несоразмерными производительностью и уровнем его ресурсов из-за возникновения внезапных отказов и неоправданных затрат на ремонтное обслуживание оборудования. Определено, что обеспечение согласованного взаимодействия подсистемы технического использования и подсистемы ремонтного обслуживания оборудования позволяет существенно сократить затраты, приходящиеся на эксплуатацию оборудования, и значительно повысить его производительность. Для освоения этих резервов требуется разработка методического инструментария измерения фактической и возможной результативности взаимодействия подсистемы технического использования и подсистемы ремонтного обслуживания оборудования.

**Цель работы:** разработка методического инструментария оценки результативности взаимодействия подсистем технического использования и ремонтного обслуживания оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия.

**Методы исследований:** обзор научных исследований, анализ технических показателей результатов функционирования системы эксплуатации оборудования технологического комплекса, математическое моделирование, производственный эксперимент.

**Результаты:** разработаны и предлагаются к применению формулы оценки уровней взаимосоответствия и взаимодополнения между подсистемами технического использования и ремонтного обслуживания оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия. Представлены результаты применения разработанных формул в условиях разреза «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия».

**Информация о статье**

Поступила:

29 апреля 2022 г.

Одобрена после  
рецензирования:

7 июня 2022 г.

Принята к публикации:

17 июня 2022 г.

**Ключевые слова:**

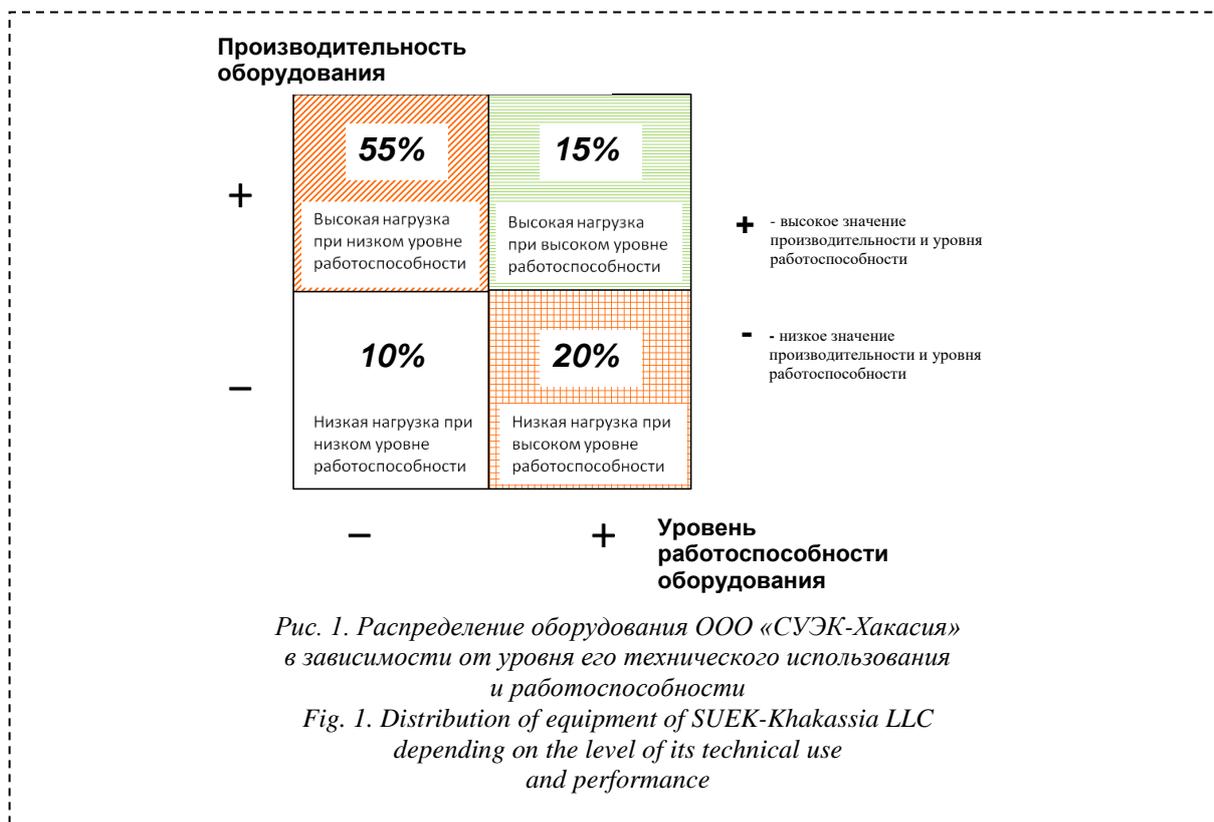
Комплементарность,  
техническое использование,  
ремонтное обслуживание,  
горнодобывающее  
предприятие, оборудование,  
горнотехническая система

**Для цитирования:** Хажиев В.А. Оценка результативности системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия // Вестник Кузбасского

На сегодняшний день актуальным направлением повышения эффективности деятельности горнодобывающих предприятий является обеспечение устойчивого развития горнотехнических систем [1-10], в рамках которого решаются задачи повышения результативности системы эксплуатации оборудования технологического комплекса предприятия, включающей в себя подсистему технического использования и подсистему ремонтного обслуживания оборудования. Система эксплуатации оборудования технологического комплекса современных горнодобывающих предприятий России характеризуется тем, что производительное время работы оборудования, в течение которого оборудование выполняет свою функцию, в среднем не превышает 50% от календарного фонда времени, и ежемесячно возникает в среднем от 2 до 5 внезапных отказов по каждому оборудованию [11].

Анализ результатов научных исследований, проводимых в части оценки эффективности функционирования подсистем технического использования и ремонтного обслуживания оборудования технологического комплекса на ряде горнодобывающих предприятий России за период с 2000 по 2021 гг., позволяет сделать вывод о том, что при переходе к рыночным отношениям наблюдается рассогласованное взаимодействие подсистемы технического использования и ремонтного обслуживания оборудования [11-14]. Рассогласованное взаимодействие проявляется в том, что большая часть оборудования технологического комплекса находится в дисбалансе между задаваемой функциональной нагрузкой и уровнем обеспечения его работоспособности. Баланс уровня функциональной нагрузки и уровня работоспособности оборудования возможно оценивать посредством применения таблицы-матрицы. Уровень функциональной нагрузки оборудования оценивается значением коэффициента его технического использования, учитывающего время выполнения объема работ данным оборудованием, а уровень работоспособности – значением коэффициента его технической готовности [11, 14].

На рис. 1 представлен пример распределения основного оборудования предприятий ООО «СУЭК-Хакасия» по уровням его технического использования и работоспособности, которое



является характерным для большинства современных отечественных горнодобывающих предприятий. К анализу принято более 50 единиц горного оборудования.

Из рисунка видно, что основное количество оборудования (около 55%) находится в области высокой нагрузки при низком уровне его работоспособности. В результате снижается эффективность производства из-за роста количества внезапных отказов оборудования и, соответственно, увеличиваются затраты времени на его внеплановый ремонт. Увеличение финансовых затрат на ремонтное обслуживание в такой ситуации может достигать более 2 раз.

В области низкой нагрузки при высоком уровне работоспособности находится около 20% оборудования. В этом случае происходит снижение эффективности производства, поскольку затраты на ремонтное обслуживание оборудования не окупаются при его эксплуатации, а перерасход финансовых ресурсов может составлять до 25%.

При низком уровне работоспособности не получает должной нагрузки 10% оборудования, что закономерно снижает эффективность производства отсутствием его окупаемости.

Установлено, что только около 15% основного оборудования функционирует с максимальной возможной эксплуатационной производительностью при соответствующем уровне его работоспособности. В этом случае возможно обеспечить высокую эффективность производства посредством уменьшения эксплуатационных затрат более чем в 3 раз.

По мнению исследователей, проводивших оценку характера взаимодействия подсистем технического использования и ремонтного обслуживания оборудования технологического комплекса горнодобывающих предприятий, сложившаяся результативность взаимодействия между данными подсистемами обусловлена несбалансированным распределением ответственности и полномочий подсистем для достижения актуальной цели горнодобывающих предприятий. Данный дисбаланс приводит к конфликтному взаимодействию подсистем – в 80-90% случаях контакты между подсистемами сводятся к обвинению друг друга в неудовлетворительном общем результате и перекладыванию ответственности одной подсистемой на другую [15-19]. При этом существующие показатели оценки эффективности деятельности этих подсистем основаны, как правило, на определении локальных значений показателей результатов функционирования подсистем, не характеризующих их общую результативность при взаимодействии. Это приводит к отсутствию возможности определить, какие последствия возникают при изменениях в одной из подсистем, производимых без соответствующих изменений во второй. В результате таких изменений зачастую снижается уровень взаимосоответствия и взаимодополнения между подсистемами, что соответственно, обуславливает снижение результативности всей системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия. Под взаимосоответствием подсистем понимается тождественность их уровня развития для достижения общей цели. Под взаимодополнением подсистем понимается характеристика подсистем, определяющая их способность обеспечивать формирование и реализацию новой функции на основе дополнения друг друга специфическими (особенными) ценностями и способностями.

Для решения данной проблемы автором разработаны и предлагаются к применению формулы оценки уровней взаимосоответствия и взаимодополнения между подсистемами технического использования и ремонтного обслуживания оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия. Уровень взаимосоответствия подсистем технического использования и ремонтного обслуживания оборудования оценивается с помощью коэффициента взаимосоответствия этих подсистем ( $K_e^p$ ):

$$K_e^p = (1 - [K_{mi}^p - K_{po}^p]) * \min[K_{mi}^p ; K_{po}^p], \quad (1)$$

где:  $K_{ти}^p$ ,  $K_{ро}^p$  – соответственно, коэффициент результативности подсистемы технического использования оборудования и коэффициент результативности подсистемы ремонтного обслуживания оборудования.

$$K_{mi}^p = \frac{T_{\phi}^{nmi}}{T_n^{nmi}}, \quad (2)$$

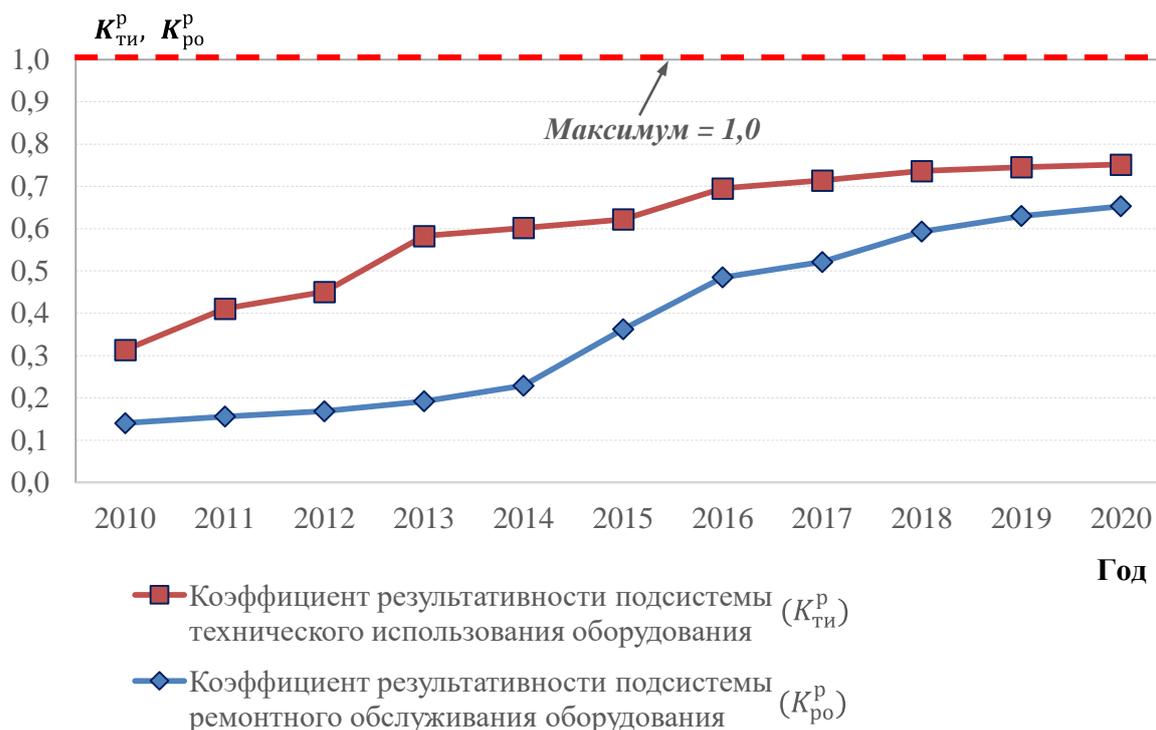
где:  $T_{\phi}^{пти}$ ,  $T_n^{пти}$  – соответственно, фактическое и потенциальное производительное время технического использования оборудования, ч [20].

Таблица 1. Характеристики показателей взаимодополнения подсистемами друг друга  
 Table 1. Characteristics of indicators of complementarity by subsystems of each other

<b>Характеристики показателей взаимодополнения</b>			
<b>Информирование (Пн)</b>	<b>Планирование (Пп)</b>	<b>Взаимодействие (Пв)</b>	<b>Контроль (Пк)</b>
Информация о результатах решения задач развития между подсистемами доводится своевременно, достоверно и полно – <i>3 балла</i>	Планируется деятельность по взаимосогласованному решению задач развития подсистем, реализации новых функций и должностных обязанностей персонала, обеспечивающих достижение поставленной цели развития предприятия – <i>3 балла</i>	Организовываются взаимовыгодные отношения и эффективное взаимодействие персонала подсистем по достижению поставленной цели развития системы эксплуатации оборудования – <i>3 балла</i>	Реализуется подсистемами взаимоконтроль достижения цели и решения задач развития (адаптации, восстановления), выполнения функций и должностных обязанностей персонала – <i>3 балла</i>
Информация о результатах решения задач развития между подсистемами доводится своевременно, достоверно, но не всегда полно – <i>2 балла</i>	Планируется деятельность по взаимосогласованному решению задач развития подсистем, реализации новых функций и должностных обязанностей персонала, обеспечивающих адаптацию предприятия к меняющимся условиям среды – <i>2 балла</i>	Организовываются взаимовыгодные отношения и эффективное взаимодействие персонала подсистем по адаптации системы эксплуатации оборудования к меняющимся условиям среды – <i>2 балла</i>	Контроль достижения цели и решения задач развития (адаптации, восстановления), выполнение функций и должностных обязанностей персонала реализуется преимущественно одной из подсистем – <i>2 балла</i>
Информация о результатах решения задач развития между подсистемами доводится несвоевременно, неполно и недостоверно – <i>1 балл</i>	Планируется деятельность по взаимосогласованному решению задач развития подсистем, новых функций и должностных обязанностей персонала, обеспечивающих восстановление производственного процесса в связи с несвоевременной адаптацией предприятия к меняющимся условиям среды – <i>1 балл</i>	Организовываются взаимовыгодные отношения и эффективное взаимодействие персонала подсистем по восстановлению производственного процесса – <i>1 балл</i>	Контроль достижения цели и решения задач развития (адаптации, восстановления), выполнение функций и должностных обязанностей персонала не реализуется – <i>1 балл</i>

$$K_{po}^p = \frac{T_n^{про}}{T_{\phi}^{про}}, \quad (3)$$

где:  $T_n^{про}$ ,  $T_{\phi}^{про}$  – соответственно, потенциальное производительное и фактическое время ремонтного обслуживания оборудования, ч. Под потенциальным производительным временем



б) комплементарность системы эксплуатации оборудования технологического комплекса

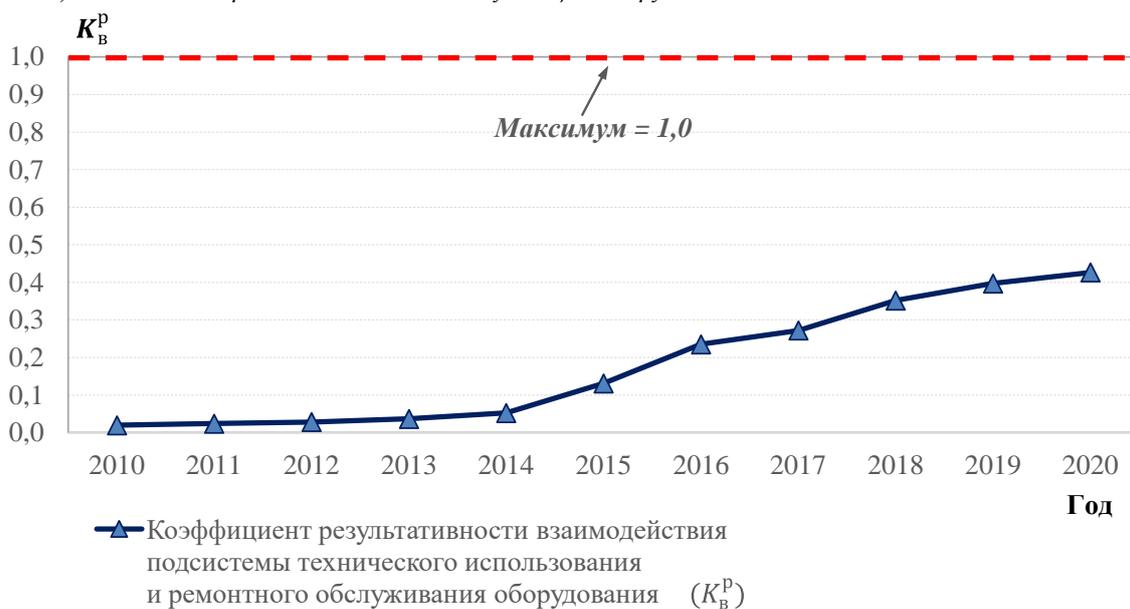


Рис. 2. Результаты повышения уровня комплементарности системы эксплуатации оборудования технологического комплекса на разрезе «Черногорский»

Fig. 2. Results of increasing the level of complementarity of the operating system of the technological complex at the Chernogorsky open pit

ремонтного обслуживания оборудования понимается время, в течение которого этот процесс возможно выполнить с рациональными параметрами.

Оценка уровня взаимодополнения подсистем технического использования и ремонтного обслуживания оборудования осуществляется на основе определения степени единства деятельности подсистем технического использования и ремонтного обслуживания оборудования

Таблица 2. Характеристика комплементарности системы эксплуатации оборудования технологического комплекса  
 Table 2. Characteristics of the complementarity of the system for operating the equipment of the technological complex

Пороговые значения $\Pi^k$	Характеристика взаимодействия подсистем	Баланс функциональной нагрузки оборудования и уровня его работоспособности
$>0,6$	Взаимосоответствующее и взаимодополняющее взаимодействие	Высокие: функциональная нагрузка на оборудование и уровень его работоспособности
$\approx 0,4$	Взаимосоответствие или взаимодополнение подсистем	Высокая функциональная нагрузка на оборудование при низком уровне его работоспособности либо наоборот
$<0,2$	Рассогласованное (оппозиционное) взаимодействие	Низкие: функциональная нагрузка на оборудование и уровень его работоспособности

Таблица 3. Результативность системы эксплуатации оборудования технологического комплекса при различном взаимодействии ее подсистем

Table 3. Performance of the system of operation of the equipment of the technological complex with various interactions of its subsystems

Показатели результативности системы эксплуатации оборудования	Характеристика взаимодействия подсистем		
	Рассогласованное (оппозиционное) взаимодействие	Взаимосоответствие или взаимодополнение подсистем	Взаимосоответствующее и взаимодополняющее взаимодействие
Производительные время работы оборудования, раз	1	1,5-2,5	3,0-4,5
Совокупная стоимость владения, раз	1	0,7-0,8	0,5-0,6
Расчетная прибыль оборудования, раз	1	1,2-1,4	1,8-2,2
Рентабельный срок эксплуатации оборудования, раз	1	1,4-1,8	2,0-2,5
Срок окупаемости оборудования, раз	1	0,8-0,9	0,7-0,8

в отношении достижения цели развития системы эксплуатации технологического комплекса ( $K_6^e$ ). Данный показатель изменяется в диапазоне от 0 (подсистемы противодействуют друг другу) до 1 (подсистемы взаимодополняют друг друга) и рассчитывается по формуле:

$$K_6^e = \frac{\sum \Pi_i}{12}, \quad (4)$$

где  $\sum \Pi_i$  – сумма баллов характеристик показателей взаимодополнения подсистемами, балл.  
 12 – максимальная сумма баллов характеристик показателей взаимодополнения подсистемами, балл.

Показатели взаимодополнения подсистемами друг друга характеризуют качество информирования, планирования, взаимодействия и контроля. Три уровня характеристик этих показателей с соответствующими баллами представлены в таблице 1.

Взаимосоответствие и взаимодополнение подсистем технического использования и ремонтного обслуживания оборудования обуславливают свойство комплементарности системы эксплуатации технологического комплекса, способствующее одновременному повышению ее эффективности и улучшению характеристик производственного цикла горнодобывающего предприятия. Комплементарность системы эксплуатации технологического комплекса возможно использовать в качестве критерия результативности ее развития и определять по формуле 5.

$$P^k = K_6^p * K_6^e, \quad (5)$$

В качестве примера определения уровня комплементарности подсистемы технического использования и ремонтного обслуживания в процессе развития их взаимодействия представлены результаты его оценки на разрезе «Черногорский». Установлено, что в период 2015-2020 гг. на разрезе «Черногорский» было обеспечено повышение значения этого критерия в 13 раз с 0,03 до 0,40 при максимально возможном его значении, равном 1,0, что позволило по отношению к периоду 2010-2014 гг. в 1,3 раза повысить производительность оборудования технологического комплекса и в 1,2 раза сократить количество его внезапных отказов (рис. 2 а, б). Расчетами установлено, что дальнейшее повышение уровня комплементарности подсистемы технического использования и ремонтного обслуживания оборудования технологического комплекса на разрезе «Черногорский» позволит еще в 1,4 раза повысить производительность оборудования технологического комплекса и в 1,8 раза сократить количество его внезапных отказов.

а) результативность подсистем технического использования и ремонтного обслуживания оборудования

Результаты работы по повышению уровня комплементарности системы эксплуатации оборудования технологического комплекса на ряде отечественных горнодобывающих предприятий и в частности в АО «СУЭК» [16-18, 21, 22], в производственных подразделениях ПАО «Ураласбест» [23-25] позволили определить, что свойство комплементарности подсистем обладает граничными условиями, переход которых определяет характер взаимодействия подсистем и тенденцию изменения эффективности системы эксплуатации оборудования (табл. 2, 3).

Таким образом, для определения фактического и возможного повышения уровня результативности системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия разработаны показатели оценки уровня взаимосоответствия и взаимодополнения подсистем технического использования и ремонтного обслуживания оборудования, характеризующих их комплементарность по достижению актуальной цели горнодобывающего предприятия. Определены пороговые значения комплементарности подсистем, обуславливающие баланс функциональной нагрузки оборудования и уровня его работоспособности. Одновременного обеспечения высоких показателей функциональной нагрузки на оборудование и уровня его работоспособности возможно достичь при значении коэффициента комплементарности подсистем более 0,6. Выявлены значения показателей результативности системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающих предприятий при различном взаимодействии ее подсистем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каплунов Д. Р. Современное содержание методологии проектирования освоения недр. // Недропользование XXI век. 2008. № 1. С. 32-34.
2. Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В. Развитие теории проектирования и реализация идей комплексного освоения недр. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 4. С. 20-41.
3. Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В. Принципы проектирования горнотехнических систем комплексного освоения рудных месторождений комбинированной геотехнологией. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2008. № 6. С. 58-66.
4. Гавришев С. Е. Обоснование организационно-технологических методов повышения надежности и эффективности работы карьеров: дис. ... д-ра техн. наук. Магнитогорск. 2002. 306 с.
5. Артемьев В. Б., Килин А. Б., Галкин В. А. Проблемы формирования инновационной системы управления эффективностью и безопасностью производства в условиях финансового кризиса. Уголь. 2009. № 6 (998). С. 24-27.
6. Корнилков С. В., Славиковский О. В. Общий методический подход к формированию стратегии поддержания и развития минерально-сырьевой базы крупного горнообогатительного предприятия // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 1. С. 370-375.
7. Яковлев В. Л., Корнилков С. В. Технические и экономико-организационные аспекты разработки

месторождений в сложных условиях эксплуатации // Горный журнал. 2009. № 5. С. 75-78.

8. Соколовский А. В. Оценка возможностей развития производственной системы угольного разреза // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2007. № 1. С. 52-59.

9. Соколовский А. В. Оценка резервов эффективности производства на основе исследования уровня взаимодействия организационной и технологической подсистем угольного разреза // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2007. № 7. С. 52-57.

10. Фомин С. И., Донченко Т. В. Оценка риска реализации проектов горнотехнических систем // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2006. № 3. С. 229-236.

11. Азев В. А., Хажиев В. А. / О балансе производительности и технической готовности оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. №12 (специальный выпуск 34). М. : Издательство «Горная книга». С. 66-73.

12. Андреева Л. И. Методология формирования технического сервиса горно-транспортного оборудования на угледобывающем предприятии: Дис. ... докт. техн. наук / Л. И. Андреева. Екатеринбург, 2004. 297 с.

13. Беклемешев В. А., Вьюнов Е. М., Кравец А. Н., Хажиев В. А. / О структуре функционала главного механика угледобывающего предприятия // Уголь. 2015. № 1. С. 58-60.

14. Сухарьков И. Н. Формирование конкурентоспособного технического сервиса обеспечения работоспособности горнотранспортного оборудования: дис. ... к-та техн. наук. Москва. 2018. 318 с.

15. Федоров А. В., Самарин С. В., Кулецкий В. Н. Организация работы энерго-механических служб на предприятиях Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. № 8. 27 с.

16. Азев В. А. Оценка планирования технологических процессов на угледобывающем предприятии // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 5. С. 369-374.

17. Довженок А. С. Развитие теории и методов управления автотранспортной системой горнодобывающего предприятия: дис. ... д-ра техн. наук. Санкт-Петербург. 2002. 229 с.

18. Черских О. И. Обоснование режимов горных работ на угольных месторождениях с мощными пологопадающими пластами: дис. ... к-та техн. наук. Магнитогорск. 2002. 179 с.

19. Андреева Л. И. Формы организации и состояние ремонтного производства горной техники в России // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2006. № 5. С. 276-284.

20. Галкин В. А., Макаров А. М., Захаров С. И., Полещук М. Н. Методика расчета резерва рабочего времени персонала угледобывающего предприятия для его развития // Известия Уральского государственного горного университета. 2019. № 2 (54). С. 134-145.

21. Артемьев В. Б., Килин А. Б., Азев В. А., Костарев А. С., Шаповаленко Г. Н., Кузнецов А. Н., Галкин В. А. Концептуальный подход к формированию системы непрерывного повышения эффективности и безопасности угледобычи на основе развития мотивации и квалификации персонала // Уголь. 2011. № 10 (1027). С. 52-54.

22. Азев В. А. Методология комплексного планирования горного производства в условиях инновационного развития угледобывающего предприятия: дис. ... д-ра техн. наук. Екатеринбург. 2018. 318 с.

23. Алексеенко В. Б. Совершенствование организационной структуры подразделений горного предприятия в условиях изменения спроса на продукцию: дис. ... к-та техн. наук. Екатеринбург. 2020. 202 с.

24. Алексеенко В. Б., Припадчев В. С., Венедиктов И. Л., Глебов М. А., Иванов С.А., Хакимьянов В. А. О развитии системы технического использования экскаваторов рудоуправления ОАО «Ураласбест» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № S38. С. 426-432.

25. Алексеенко В. Б., Корнилков С. В., Хажиев В. А. Показатели результативности совершенствования организационной структуры горного предприятия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2020. Т. 22. № 4 (96). С. 41-47.

© 2022 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Об авторах:*

**Хажиев Вадим Аслямович**, заведующий лабораторией эффективной эксплуатации оборудования, ООО «Научно-исследовательский институт эффективности и безопасности горного производства» (454092, Россия, г. Челябинск, ул. Энтузиастов, 30, оф.717), кандидат технических наук, vadimkhazhiev@gmail.com

*Заявленный вклад авторов:*

Хажиев В.А. – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; обзор соот-ветствующей литературы; выводы.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## Original article

**ON INCREASING THE EFFICIENCY OF INTERACTION OF SUBSYSTEMS OF  
THE TECHNICAL USE AND REPAIR MAINTENANCE OF THE EQUIPMENT OF  
THE TECHNOLOGICAL COMPLEX OF A MINING ENTERPRISE**

**Vadim A. Khazhiev**

Research Institute of Efficiency and Safety of Mining Production

\*for correspondence: vadimkhazhiev@gmail.com

**Abstract.**

**Relevance of the work:** Evaluation of the results of the functioning of the operating system of the equipment of the technological complex for a number of advanced mining enterprises in Russia showed that the interaction of its two main subsystems: technical use and maintenance, is characterized as mismatched. The mismatched interaction of the subsystems under consideration determines the operation of equipment with disproportionate performance and the level of its performance. This leads to an overrun of production resources due to the occurrence of sudden failures and unjustified costs for the repair maintenance of equipment. It has been determined that ensuring coordinated interaction between the technical use subsystem and the equipment repair subsystem can significantly reduce the costs of equipment operation and significantly increase its productivity. The development of these reserves requires the development of methodological tools for measuring the actual and possible effectiveness of the interaction between the technical use subsystem and the equipment maintenance subsystem.

**Purpose of the work:** development of a methodological toolkit for assessing the effectiveness of the interaction of subsystems for the technical use and repair maintenance of the equipment of the technological complex of a mining enterprise.

**Research methods:** review of scientific research, analysis of technical indicators of the results of the operation of the equipment operation system of the technological complex, mathematical modeling, production experiment.

**Results:** formulas for assessing the levels of interrelationship and complementarity between the subsystems of technical use and maintenance of the equipment of the technological complex of a mining enterprise have been developed and are proposed for use. The results of the application of the developed formulas in the conditions of the Chernogorsky open-pit mine of LLC SUEK-Khakassia are presented.

**Article info**

Submitted:  
29 April 2022

Approved after reviewing:  
7 June 2022

Accepted for publication:  
17 June 2022

**Keywords:** Complementarity, technical use, repair maintenance, mining enterprise, equipment, mining system.

**For citation:** Khazhiev, V.A. On increasing the efficiency of interaction of subsystems of the technical use and repair maintenance of the equipment of the technological complex of a mining enterprise. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2022; 3(151):64-74. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2022-3-64-74

## REFERENCES

1. Kaplunov D.R. Modern content of the design methodology for the development of subsoil. *Subsoil use XXI century*. 2008; 1: 32-34.
2. Kaplunov D.R., Rylnikova M.V. Development of the theory of design and implementation of the ideas of integrated development of the subsoil. *Mining information and analytical bulletin*. 2008; 4: 20-41.
3. Kaplunov D.R., Rylnikova M.V. Principles of designing mining engineering systems for the integrated development of ore deposits using combined geo-technology. *Physical and technical problems of mineral development*. 2008; 6: 58-66.

4. Gavrishv S.E. Substantiation of organizational and technological methods for improving the reliability and efficiency of open pit operations: dis. ... Dr. tech. Sciences. Magnitogorsk. 2002. 306.
5. Artemiev V.B., Kilin A.B., Galkin V.A. Problems of Forming an Innovative System for Managing the Efficiency and Safety of Production in the Conditions of the Financial Crisis. *Coal*. 2009; 6 (998): 24-27.
6. Kornilkov S.V., Slavikovskiy O.V. General methodological approach to the formation of a strategy for maintaining and developing the mineral resource base of a large mining and processing enterprise. *Mining information and analytical bulletin*. 2009; 1: 370-375.
7. Yakovlev V.L., Kornilkov S.V. Technical and economic-organizational aspects of field development in difficult operating conditions. *Mining magazine*. 2009; 5: 75-78.
8. Sokolovskiy A.V. Evaluation of the opportunities for the development of the production system of the coal mine. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2007; 1: 52-59.
9. Sokolovskiy A.V. Evaluation of the reserves of production efficiency based on the study of the level of interaction between the organizational and technological subsystems of the coal mine. *News of higher educational institutions. Mining magazine*. 2007; 7: 52-57.
10. Fomin S.I., Donchenko T.V. Risk assessment of the implementation of mining engineering systems projects. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2006; 3: 229-236.
11. Azev V.A., Khazhiev V.A. On the balance of productivity and technical readiness of equipment // *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2016; 12: 66-73. (special issue 34). M.: Publishing house «Mountain Book».
12. Andreeva L.I. Methodology for the formation of a technical service for mining and transport equipment at a coal mining enterprise: Dis. ... doc. tech. Sciences / L.I. Andreeva. Yekaterinburg, 2004. 297 p.
13. Beklemeshev V.A., Vyunov E.M., Kravets A.N., Khazhiev V.A. / On the structure of the functional of the chief mechanic of a coal mining enterprise. *Coal*. 2015; 1: 58-60.
14. Sukharkov I.N. Formation of a competitive technical service to ensure the performance of mining and transport equipment: dis. ... PhD. Moscow. 2018. 318 p.
15. Fedorov A.V., Samarin S.V., Kuletsky V.N. Organization of the work of energy-mechanical services at the enterprises of Kuzbass. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2010; 8: 27.
16. Azev V.A. Evaluation of the planning of technological processes at a coal mining enterprise. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2011; 5: 369-374.
17. Dovzhenok A.S. Development of the theory and methods of managing the motor transport system of a mining enterprise: dis. ... Dr. tech. Sciences. St. Petersburg. 2002. 229 p.
18. Cherskikh O.I. Substantiation of mining regimes in coal deposits with thick gently dipping seams: Cand. ... PhD. Magnitogorsk. 2002. 179 p.
19. Andreeva L.I. Forms of organization and the state of repair production of mining equipment in Russia. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2006; 5: 276-284.
20. Galkin V.A., Makarov A.M., Zakharov S.I., Poleshchuk M.N. Methodology for calculating the reserve of working time for the personnel of a coal mining enterprise for its development. *News of the Ural State Mining University*. 2019; 2 (54): 134-145.
21. Artemyev V.B., Kilin A.B., Azev V.A., Kostarev A.S., Shapovalenko G.N., Kuznetsov A.N., Galkin V.A. Conceptual approach to the formation of a system of continuous improvement of the efficiency and safety of coal mining based on the development of motivation and qualifications of personnel. *Coal*. 2011; 10(1027): 52-54.
22. Azev V.A. Methodology of integrated planning of mining production in the conditions of innovative development of a coal mining enterprise: dis. ... Dr. tech. Sciences. Yekaterinburg. 2018. 318 p.
23. Alekseenko V.B. Improving the organizational structure of subdivisions of a mining enterprise in the context of changing demand for products: dis. ... PhD. Yekaterinburg. 2020. 202 p.
24. Alekseenko V.B., Pripadchev V.S., Venediktov I.L., Glebov M.A., Ivanov S.A., Khakimyanov V.A. On the development of the system of technical use of excavators of the mining department of Uralasbest OJSC. *Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2017; S38: 426-432.
25. Alekseenko V.B., Kornilkov S.V., Khazhiev V.A. Performance indicators for improving the organizational structure of a mining enterprise. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2020; 4(96): 41-47.

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

*The authors declare no conflict of interest.*

*About the authors:*

**Vadim A. Khazhiev**, Head of the Laboratory of Efficient Operation equipment, Scientific Research Institute of Efficiency and Safety of Mining Production (454092, Russia, Chelyabinsk, Entuziastov St., 30, office 717), C.

Sc. in Engineering, vadimkhazhiev@gmail.com

*Contribution of the authors:*

Vadim A. Khazhiev – setting a research problem; scientific management; conceptualization of the study; writing text, collecting and analyzing data; review of relevant literature; findings

*All authors have read and approved the final manuscript.*

