



ОПТИМИЗАЦИЯ НА ЕКСПЛОАТАЦИОННИТЕ РАЗХОДИ ПРИ ИЗВЪРШВАНЕ НА ТРАНСПОРТНА РАБОТА ОТ АВТОСАМОСВАЛИ БЕЛАЗ 75131 И БЕЛАЗ 75137 130 Т В ОТКРИТ РУДНИК „ЕЛАЦИТЕ“

инж. Евгени Илиев – e.iliev@ellatzite-med.com;
инж. Марио Симеонов – m.simeonov@ellatzite-med.com;

РЕЗЮМЕ

В световен мащаб експлоатационните разходи на минните машини са от основен фактор за финансовите показатели. В рудник „Елаците“, с неговите мащаби на разработване, постоянно се прилагат световните тенденции за оптимизиране и автоматизиране на автомобилния парк. Автосамосвалите на рудодобивния комплекс са марка БелАЗ с товароносимост 130 t и електро-механично задвижване. Оптимизацията на експлоатационните разходи се извършва в три основни направления: смазочни материали за дизелови двигатели, потребление на гориво и износване на кариерни гуми. Вследствие на оптимизацията, освен намаляване на разходите, се постига и висока производителност на машините.

OPTIMIZATION OF OPERATING COSTS WHEN CARRYING OUT TRANSPORT WORK FROM BELAZ 75131 AND BELAZ 75137 130 T IN AN OPEN PIT MINE “ELLATZITE MED”

Dipl. Eng. Evgeni Iliev – e.iliev@ellatzite-med.com;
Dipl. Eng. Mario Simeonov – m.simeonov@ellatzite-med.com;

ABSTRACT

On a global scale, the operating costs of mining machines are a major factor in financial indicators. The Ellatzite mine, with its large scale of development, constantly follow global trends by optimizing and automating its vehicle fleet. The dump trucks of the mining complex are BelAZ brand with a load capacity of 130 t and electromechanical drive. The optimization of operating costs is carried out in three main directions: lubricants for diesel engines, fuel consumption and wear career tires. As a result of the optimization, in addition to cost reduction, a high productivity of the machines is achieved.

ВЪВЕДЕНИЕ:

Техническо описание на автосамосвал БелАЗ модел 7513:

Задвижването на кариерен автосамосвал БелАЗ, модел 7513, се осъществява като въртящият момент от колянвия вал на двигателя с вътрешно горене се предава към генератор, който от своя страна преобразува кинетичната енергия в електрическа и отдавайки я, задвижва два броя постоянноходни електродвигатели модел ЕК590, а те задвижват автосамосвала. Както всички останали автомобили, така и тези използват експлоатационни материали – гуми, смазочни материали и гориво. В сравнение с тях тук разходите са в пъти по-големи.

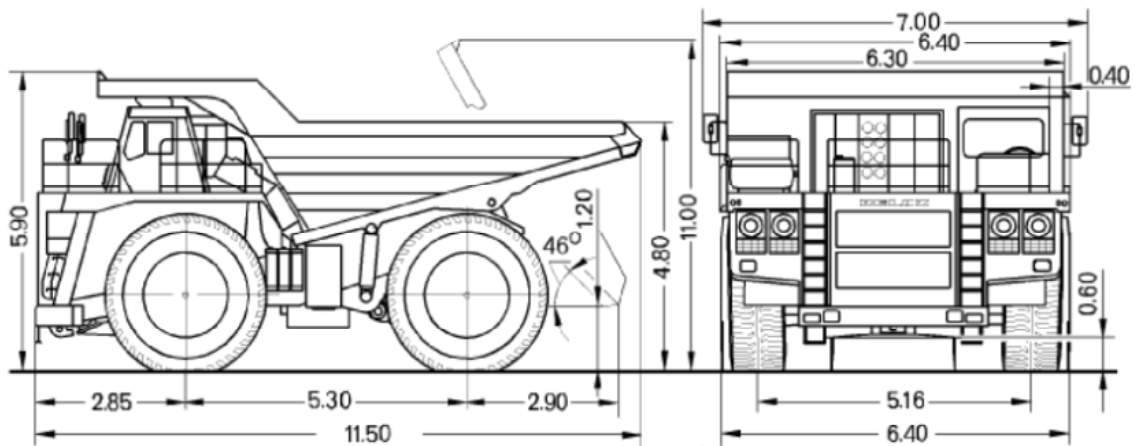
Габаритните размери на този вид минна техника са представени на фиг. 1.

Ръководството на Рудодобивния комплекс на „Елаците-Мед“ АД постоянно внедрява нови методи относно намаляването на експлоатационните разходи при автосамосвали БелАЗ, модел 7513 и модификации 75131 и 75137, като по този начин увеличава и производителността на машините.

За представяне на експлоатационните разходи и постигнатите значителни икономии, ще разгледаме три основни направления:



- Кариерни гуми;
- Двигатели с вътрешно горене за автосамосвалите и смазочните материали използвани за тях;
- Дизелово гориво.



Фиг.1. Габаритни размери БелАЗ 7513

ИЗЛОЖЕНИЕ:

I. Кариерни гуми

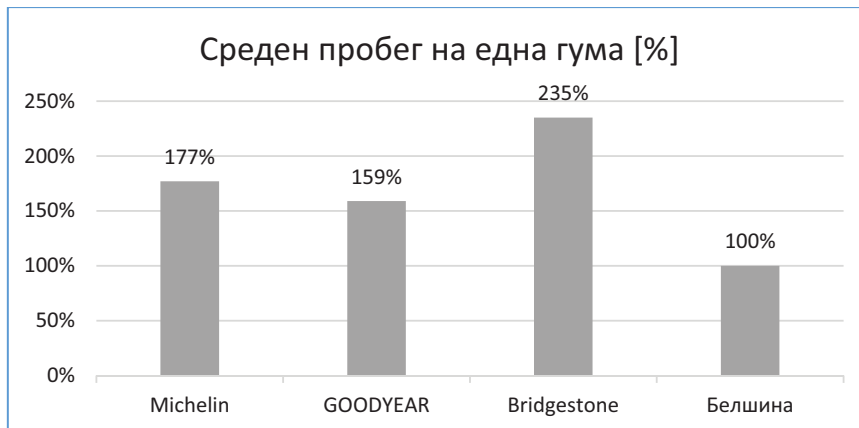
С цел намаляване на експлоатационните разходи, в Рудодобивния комплекс на „Елаците-Мед“ АД бяха предприети мерки за монтаж на различни от използваните диагонални гуми от марката Белшина. През м. юни 2022 година се монтираха радиални гуми от марките Michelin, Bridgeston и Goodyear. С цел анализиране на най-ефективните гуми за нашите условия, разглеждаме период от една година (м. юни 2022 – м. юни 2023 г.), като основните параметри, които се следят, са пробег на гума в [km] и себестойност [лв./km].

Статистиката, направена между изброените по-горе фирми производители, за периода от една година показва, че средният пробег на една кариерна гума марка Bridgeston е с около 135% по-голям, от тази от марка Michelin с 77%, а тази с производител Goodyear с около 59%, от колкото използваната до тогава марка Белшина. Данните са представени в таблица 1.

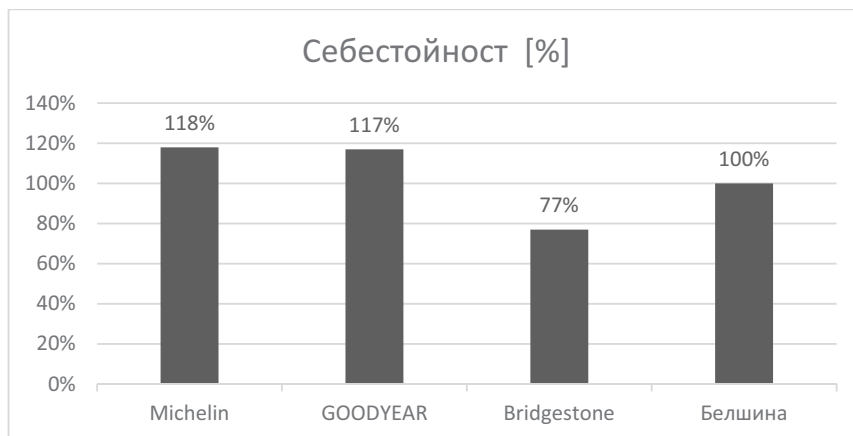
Таблица №1

Фабрична марка	Бракувани гуми [бр.] (износени)	Среден пробег на 1 гума спрямо фабрична марка Белшина, [%]	Себестойност [лв./km]
Michelin	96	177%	X+18%
GOODYEAR	40	159%	X+17%
Bridgestone	75	235%	X-24%
Белшина	n	100%	X%

Забележка: В таблица 1 кариерна гума с производител Белшина е константна величина (n), база за графичното представяне от 100%. Приема се също себестойност за тази гума „X“ лв./km.



Фиг.2 Графично представяне на среден пробег на нововъведените карьерни гуми спрямо използваните до края на 2022 година марка Белшина.



Фиг.3 Графично представяне на себестойността, изложена в [%].

От представените реални статистики можем да направим следните заключения:

- Работещ метод за избор на правилните гуми за условията на открития рудник е тестването на различни карьерни гуми и извършването на анализ;
- Намалени експлоатационните разходи поради намаления брой използвани гуми и по-ниската себестойност;
- Увеличаване на производителността за сметка на по-рядката смяна на гуми и спестяване на време от престоя на автосамосвала за тяхната подмяна;
- По-малко генериран отпадък.

II. Двигатели с вътрешно горене за автосамосвалите и маслата използвани за тях:

В минната индустрия се използват различни видове двигатели с вътрешно горене за задвижване на всякакъв вид минна техника. В открития рудник, за задвижване на автосамосвалите от автопарка, „Елаците-Мед“ експлоатира само двигатели от марката Cummins модел КТА 50 за автосамосвали Белаз 130 t. С цел намаляване на коментираните разходи от 2017 година, ръководството на комплекса предприе използването на различен вид двигател с вътрешно горене, като се наложи да се преоборудва автопарка, което е доста дълга и сложна процедура, предвид габаритите на двигателя. Нововъведеният двигател е от марката MTU, модел DD4000C11R. Това са индустриални двигатели, използвани за задвижване на локомотиви, кораби, яхти, индустриални генератори и много други. Към момента Рудодобивният комплекс разполага с тридесет и три броя автосамосвали с двигател от този вид.



1. Информация за използваните в минал период двигатели Cummins:

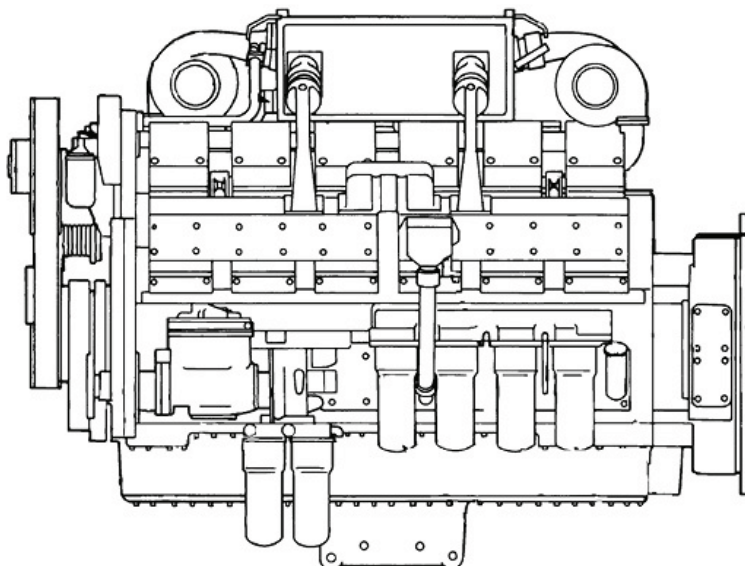
• Cummins KTA 50 - C:

- Cummins Engine Company е американска мултинационална корпорация, която проектира, произвежда и разпространява двигатели, филтрация и продукти за производство на електроенергия. Cummins, също така, обслужва двигатели и свързаното с тях оборудване, включително горивни системи, контроли, въздушни системи, филтриране, контрол на емисиите, системи за производство на електроенергия и камиони.

Cummins KTA 50 - C е проектиран да издържа на предизвикателните условия, с които често се сблъсква при експлоатацията в мините. Шестнадесет цилиндровият V-образен двигател с директно впръскване, номинална мощност от 1600 kW, максимални обороти - 1900 и въртящ момент от 6292 Nm, е бил наистина добро решение за задвижването на кариерните автосамосвали. С развиващите се съвременни технологии, ръководството на Рудодобивния комплекс на „Елаците-Мед“ намира аналог на този двигател и той до голяма степен е изваден от употреба, като е заменен с Detroit Diesel (MTU) DD4000C11R.

- Основни системи:

- Горивна система – Надеждната горивна система Cummins PT може да се управлява механично или с електроника CENTRY за прецизно подаване на гориво. STC (Step Timing Control) осигурява плавно ускорение на двигателя при натоварвания
- Охладителна система– Теплообменник с килово охлаждане или монтиран на двигателя. Филтрите за пречистване на вода Cummins предпазват от корозия на охлаждащата система.
- Изпускателна система – Сух изпускателен колектор с водна защита.
- Въздушна система – Въздушни филтри с индикатор за ограничаване на всмукването на въздух. Два турбокомпресора Cummins.
- Система за смазване – Стандартен маслен съд от 151 литра или маслен съд с голям капацитет 185 литра.
- Електроника – Стандартна електрическа система с 24 волта, 12 волта опция на разположение.
- Техническо обслужване на всеки 250 мото-часа.



Фиг. 4 Cummins KTA 50 - C

• Detroit Diesel (MTU) DD4000C11R:

- MTU Friedrichshafen GmbH е немски производител на двигатели с вътрешно горене, основан от Вилхелм Майбах и неговия син Карл Майбах през 1909 година.

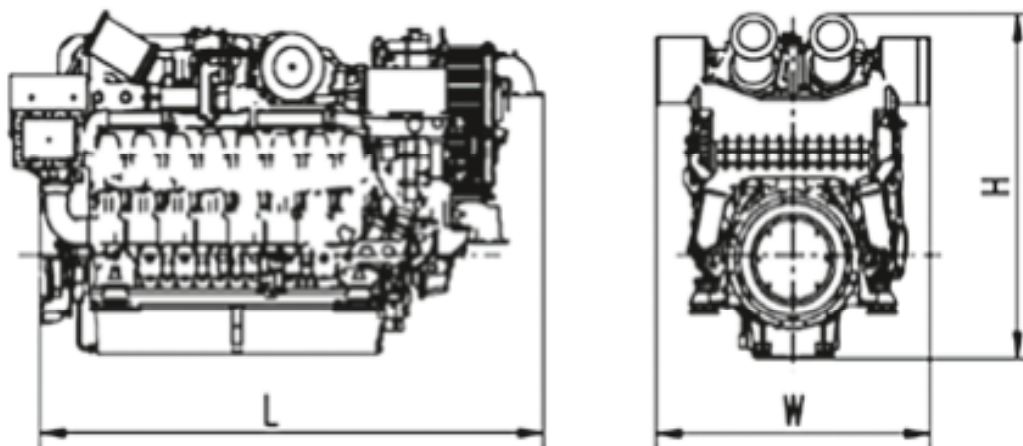


Компанията произвежда дизелови двигатели за влакове, кораби, нефтени и газови инсталации, военни превозни средства, селско стопанство, минна и строителна техника, както и дизелови генератори и разтопени карбонатни горивни клетки.

Дванадесет цилиндрият V-образен двигател с директно впръскване, номинална мощност от 1600 kW, максимални обороти – 1900 и въртящ момент от 7612 Nm, се явява достойният заместник на досега използвания Cummins KTA 50 в задвижването на автосамосвалите, с които разполага „Елаците-Мед“ АД.

- Основни системи:

- Горивна система – Горивна система с електронни впръсквачи, за по-равномерната и плавна работа на двигателя при потегляне и ускоряване.
- Охладителна система – Два броя водни помпи, едната от които служи за охлаждане на входящия въздух на нискотемпературния кръг и другата, за охлаждане на големия кръг на двигателя.
- Изпускателна система – Четири броя турбокомпресори, свързани два по два с общ фланец.
- Въздушна система – Въздушни филтри с индикатор за ограничаване на всмукването на въздух. Четири броя турбокомпресори MTU с механичен охладител (интеркулер).
- Система за смазване – Маслен съд с вместимост от 245 литра.
- Електроника - Стандартна електрическа система с 24 волта, 12 волта опция на разположение.
- Техническо обслужване на всеки 500 мото-часа.



Фиг.5 Detroit Diesel (MTU) DD4000C11R

2. Съпоставка технически параметри между двигатели модел КТ А - 50С и MTU DD4000C11R:

Таблица №2

Параметри	КТА 50-С	MTU-12V4000C11R
Мощност kW (HP)	1194(1600)	1193(1600)
Максимални обороти, [rpm]	1900	1900
Въртящ момент, [Nm]	6292	7612
Брой цилиндри	16	12
Кубатура, [L]	50,3	48,8
Диаметър на цилиндъра, [mm]	159	165
Ход на буталото, [mm]	190	190
Брой клапани на цилиндър	2	4
Брой турбокомпресори	2	4
Консумация на гориво, [L/h]	80	78,5
Капацитет охлаждаща течност, [L]	410	440
Капацитет двигателно масло, [L]	185	245



Съпоставяйки двата модела двигатели, става ясно, че изборът да се замени използвания „КТА 50-С“ с „MTU-12V4000C11R“, е работещ. Нововъведеният в експлоатация двигател с вътрешно горене изпъква с множество предимства пред използвания досега такъв. Ето и някои от тях:

- По технически предписания от производителя MTU-12V4000C11R се обслужва на всеки 500 мото-часа. Използваният до подмяната КТА 50-С се обслужва на всеки 250 мото-часа. Намалявайки два пъти времето за престой на автомобила за техническо обслужване и времето на водача за измиване и подготовка на автосамосвала, се увеличава, респективно и производителността на всеки автосамосвал.

Таблица №3

Консумативи	Периодичност на смяна [mh]		Количество [л],[бр.]	
	Cummins	MTU	Cummins	MTU
Двигателно масло	250	500	185	245
Маслени филтри	250	500	7	4
Горивни филтри	250	500	2	2

Приблизително един автосамосвал изработва 6000 мото-часа годишно, което означава следното: Броят на техническите обслужвания на един двигател от марката Cummins годишно е $6000/250=24$ броя, а на двигателя от марката MTU е $6000/500=12$ броя. От гледна точка на експлоатационните разходи, това представлява следното:

Таблица №4

Марка	Разходи за техническо обслужване на един двигател за една година		
	Двигателно масло [л]	Маслени филтри [бр.]	Горивни филтри [бр.]
Cummins	$24 \times 185 = 4440$	$24 \times 7 = 168$	$24 \times 2 = 48$
MTU	$12 \times 245 = 2940$	$12 \times 4 = 48$	$12 \times 2 = 24$
Разлика/Икономия	1500	120	24

Обобщено: Нововъведеният в експлоатация двигател на марката MTU е по-икономичен с 1500 литра двигателно масло, 120 броя маслени филтри и 24 броя горивни филтри, спрямо използвания преди това двигател от марката Cummins, съпоставени за една година експлоатация.

Забележка: Маслото, по технически предписания, използвано за двата двигателя, е с вискозитет 15W40 на една и съща марка.

III. Дизелово гориво:

Методи за намаляване разхода на дизелово гориво (l/tkm):

1. Коефициент Пълни/Празни километри. Ежедневно следене на коефициента пълни/празни километри и анализирани на причините на коефициент < 0.95 .
 - 1.1. Изграждане на допълнителни паркинги в рудника за автосамосвали БелАЗ, с цел оптимизиране на коефициента и изминаване на по-малко празни километри;
 - 1.2. Закупуване на нов специализиран автомобил (нафтовоз) и подсиуряване на повече мобилни точки за зареждане в открития рудник с цел изминаване на по-малко празни километри до стационарната бензиностанция в комплекса.



Таблица №5

Заредено количество гориво		
	Стационарна бензиностанция раздадени литри [%]	Мобилна точка (нафтовоз) раздадени литри [%]
Преди поставяне на повече мобилни точки за зареждане	60%	40%
След поставяне на повече мобилни точки за зареждане	40%	60%

2. Установяване на разход на гориво в различни зони на работа, на база извършени хронометражи.

С цел намаляване и обосноваване разхода на гориво от автосамосвалите БелАЗ се извършват и хронометражи в различните зони на работа в открития рудник. Целта е при установяване на по-благоприятни зони за разход на гориво, при възможност, автосамосвалите да извършват повече транспортна работа в тази зона, като основният фактор, който влияе, е работата в наклон.

Таблица №6

Зони	Постигнат разход, на база хронометражи [l/tkm]	Транспортна работа в наклон [%]
Зона 1	X	50%
Зона 2	X-1	40%
Зона 3	X+1	60%
Зона 4	X-1.5	30%

Не на последно място трябва да се отчете и фактът, че нововъведените в експлоатация двигатели с вътрешно горене MTU изразходват по-малко дизелово гориво, което е видно от спецификацията изложена в точка □.

Резултатите от направените иновации при експлоатационните ресурси на автосамосвалите са положителни. Видно е, че след прилагане на нови решения в трите направления на разходи са постигнати финансови икономии с голям мащаб, както и повишаване на производителността.

Използвана литература:

- <https://www.cummins.com/engines/kta50>
- <https://www.mtu-solutions.com/eu/en/products.html>
- <https://www.lectura-specs.com/en/model/construction-machinery/rigid-dump-trucks-belaz/75131-11738566>