Стець Микола Миколайович

Бакалаврська робота

Аналіз конструкції кар'єрного гідравлічного самоскиду HITACHI EH5000AC-3

Керівник **доц., к.т.н. Хруцький А.О.**

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл

ВСТУП

Відкритий спосіб видобутку корисних копалин є найбільш розповсюдженим у світовій гірничій промисловості через його економічність та прогресивність. Він простіше з технологічної точки зору у порівнянні з підземним, продуктивність праці на відкритих роботах вища, ніж на підземних, а собівартість видобутку корисних копалин нижча [1-3].

Умови праці в кар'єрах хоча й залишаються важкими і небезпечними, але вони все ж таки більш гігієнічні та комфортні. На поверхні є можливість використання техніки будь-яких габаритів і потужності, а це спрощує задачу підбирання потрібних складів високопродуктивних комплексів механічного обладнання для виконання тих чи інших технологічних процесів видобутку та транспортування гірської маси [4-6].

Гірничі машини для роботи в кар'єрах класифікуються згідно з цими технологічними процесами. Для підготовки гірської маси до виймання використовуються буропідривні роботи, для механізації яких існують різноманітні конструкції обладнання буріння та зарядки вибухових свердловин. В результаті підривання скельного масиву отримують розпушену гірську масу у вигляді суміші більш-менш транспортабельних шматків [7-11].

Далі цю породу за допомогою екскаваційних робіт виймають та навантажують в засоби кар'єрного транспорту для вивезення її з кар'єру і подальшої переробки в продукти господарського призначення – паливо, метали, будівельні матеріали, сировину для хімічної промисловості тощо. Для механізації вказаних технологічних процесів застосовують виймально-навантажувальне (одно- та багатоковшові екскаватори) і транспортне обладнання (залізничне, автомобільне, конвеєрне).

Крім основного технологічного обладнання, призначеного для буріння свердловин, екскавації та транспортування гірських порід, в кар'єрах використовується велика кількість машин для виконання операцій допоміжного призначення. Це бульдозери, скрепери, вантажники різних типів, грейдери, струги та інші ус-

тановки, що відносяться до класу виймально-транспортного обладнання. Вони, на відміну від екскаваторів, здатні після відділення від масиву переміщати гірські породи на доволі значні відстані.

Від досконалості конструкцій та ефективності організації процесу експлуатації кар'єрного транспорту багато в чому залежить успішність та конкурентоспроможність підприємств відкритої розробки твердих корисних копалин. Особливо це стосується циклічних видів транспорту, до яких відноситься автомобільний. Надійність, висока продуктивність та ремонтопридатність самоскидів, які перевозять величезні обсяги гірської маси – розкривних порід та корисних копалин – є запорукою досягнення необхідних техніко-економічних результатів видобутку.

З огляду на вищесказане, дослідження, розробка та практичне впровадження нових високоефективних конструкцій кар'єрних самоскидів залишається дуже важливим науково-виробничим завданням. Тому актуальність теми представленої бакалаврської роботи, присвяченої аналізу конструкції кар'єрного самоскиду HITACHI EH5000AC-3, представляється беззаперечно актуальною.

Об'єкт роботи – технологічний процес транспортування гірської маси в кар'єрах.

Предмет роботи – кар'єрний самоскид HITACHI EH5000AC-3.

1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ

1.1 Кар'єрний автотранспорт та його значення в роботі підприємств відкритої розробки корисних копалин

Відкрита розробка твердих корисних копалин займає чільне місце в сучасній світовій гірничій промисловості. Вона характеризується значними обсягами видобутку та транспортування гірничої маси, використанням потужної гірничої техніки, високими техніко-економічними показниками гірничих робіт [7,8].

Розробка родовищ вугілля, металевих руд, гірничо-хімічної сировини, будівельних матеріалів ведеться із застосуванням передових потокових та циклічно-потокових технологій видобутку. Головним обладнанням кар'єрів є машини виймально-навантажувального призначення (екскаватори) та транспортна техніка для вивезення гірничої маси на поверхню і доставки її споживачу або на переробні підприємства.

В якості кар'єрного транспорту в залежності від гірничо-геологічних умов розробки, продуктивності підприємства, обсягів видобутої сировини та інших численних факторів використовується залізничне, автомобільне та конвеєрне обладнання.

Кар'єрний автомобільний транспорт з урахуванням циклічності його роботи з економічної точки зору вигідніше експлуатувати на підприємствах середньої продуктивності з відстанями доставки порід до 3-5 км. У порівнянні із залізничним транспортом він виграє завдяки здатності долати шляхи з достатньо крутими (до 4-5^{o}) підйомами та спусками, а з конвеєрним – завдяки можливості транспортувати матеріали з різними фізико-механічними властивостями. Така технологічна гнучкість забезпечує надзвичайно широке розповсюдження автомобільного транспорту в кар'єрах усього світу.

Головним недоліком автотранспорту є його згадана вище циклічність, яка не дозволяє в максимальному ступені продуктивності використовувати робочий час для виконання основної функції – транспортування мінеральної сировини.

Крім того, автотранспорт відрізняється підвищеною чутливістю до технічного стану доріг, кліматичних та погодних умов експлуатації. Він забруднює навколишнє середовище вихлопами відпрацьованих газів, має високу енергоємність та вимагає значних експлуатаційних витрат. Проте, провідні компанії, що поставляють сучасні конструкції самоскидів на світовий ринок гірничої галузі, добилися вражаючих результатів у подоланні перерахованих вище недоліків.

Парк кар'єрного автомобільного транспорту в наш час представлений в основному наступними типами машин:

- будівельними самоскидами з жорсткою рамою вантажопідйомністю від 10 до 25 т, розрахованими в основному для переміщення дорогами загального користування;

- позашляховими самоскидами з шарнірно-зчленованою рамою вантажопідйомністю від 10 до 50 т;

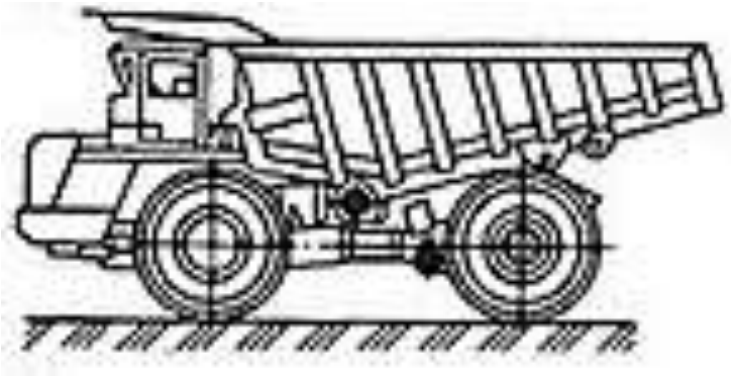
- позашляховими кар'єрними самоскидами з жорсткою рамою вантажопідйомністю від 23 до 500 т.

Суттєво менше розповсюдження отримали кар'єрні автопотяги у складі тягачів та самоскидних причепів і напівпричепів.

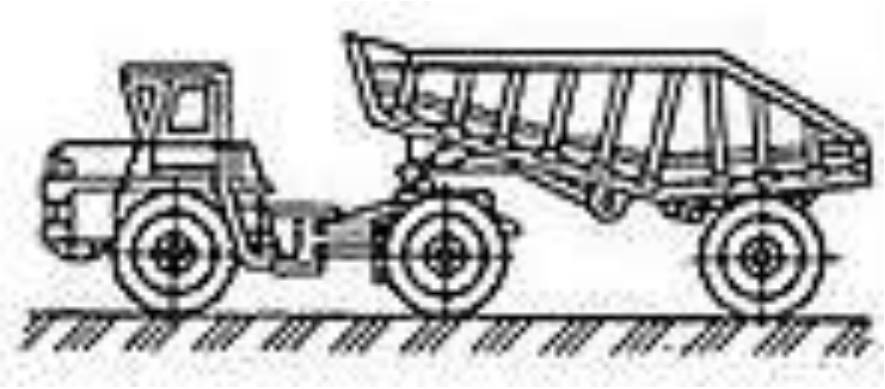
На рис. 1.1 показані основні конструктивні схеми рухомого складу кар'єрного автотранспорту.

Самоскиди з шарнірно-зчленованою рамою (рис. 1.2*б*) добре почуваються на бездоріжжі, але порівняно невелика вантажопідйомність машин обмежує їхнє використання на кар'єрах значної продуктивності. Тим не менш, вони випускаються багатьма всесвітньовідомими виробниками гірничого обладнання (CNH, BELL, VOLVO та ін.). Такі машини мають колісні формули 4х2, 4х4, 6х4 та 6х6.

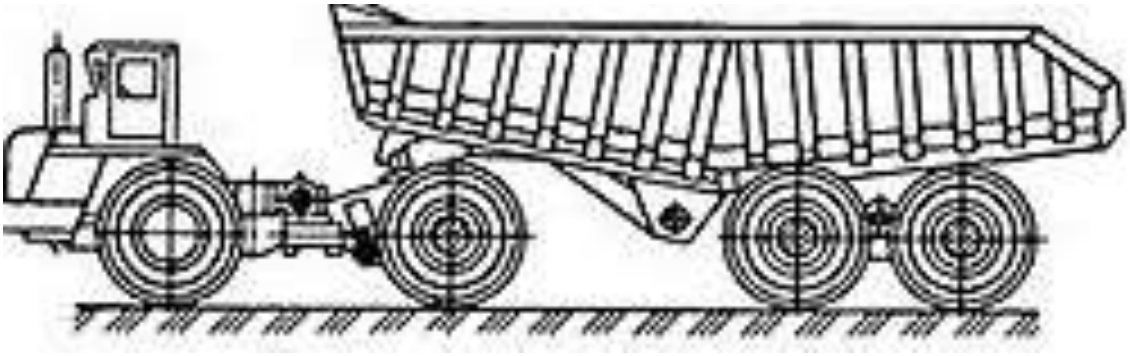
Основним типом кар'єрного автопарку є важкі позашляхові самоскиди з жорсткою рамою, приводними задніми колесами і розвантаженням кузова назад (рис. 1.2*а*). В якості приводу вони зазвичай обладнані потужними дизельними двигунами та гідромеханічною коробкою передач (машини вантажопідйомністю до 100 т) або дизель-електричного системою з мотор-колесами з індивідуальними силовими установками – електродвигунами (більш потужні конструкції). Се-



а



б



в

Рисунок 1.1 – Основні конструктивні схеми рухомого складу кар’єрного автотранспорту: *а* – автосамоскид; *б, в* – напівпричепи

ред головних виробників такого обладнання можна відзначити CATERPILLAR, KOMATSU, TEREX, HITACHI, БІЛАЗ.

На рис. 1.3 показана принципова схема мотор-колеса автосамоскида [4].

Наявність електромеханічної трансмісії забезпечила можливість переходу самоскидів під час роботи в кар’єрах на живлення від зовнішньої системи електропостачання постійного струму. Така енергетична гнучкість автомобільного транспорту дозволяє заощаджувати енергію, скоротити шкідливі викиди дизель-



а



б

Рисунок 1.2 – Основні сучасні види кар’єрного автомобільного транспорту: *а* – самоскид з жорсткою рамою; *б* – самоскид з шарнірно-зчленованою рамою

них двигунів, знизити теплові навантаження на них на затяжних підйомах шляху. На рис. 1.4 показаний самоскид, що живиться від повітряної електромережі.

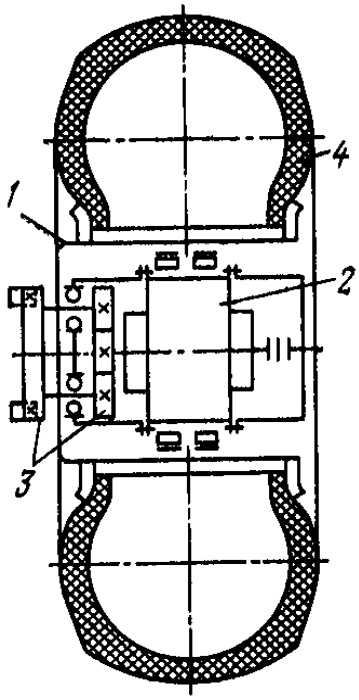


Рисунок 1.3 – Принципова схема мотор-колеса автосамоскида:
1 – маточина колеса; 2 – електродвигун тяговий; 3 – редуктор; 4 – шина



Рисунок 1.4 – Кар’єрний самоскид, що живиться від повітряної електромережі

1.2 Самоскиди HITACHI на світовому ринку кар'єрного автотранспорту

Компанія HITACHI була заснована в Японії талановитим інженером Намі-хеї Одаїра на початку минулого століття. В перші роки свого існування вона спеціалізувалася на випуску електромоторів, а тепер є визнаним світовим виробником інформаційно-технологічного обладнання, побутової техніки, напівпровідників, приладів різноманітного призначення, а також важкого промислового устаткування, в тому числі будівельного та гірничодобувного. Номенклатура продукції HITACHI перевищує 20 тисяч найменувань.

Штаб-квартира компанії знаходиться в Токіо, а більше чверті її дочірніх фірм, число яких складає 934 компанії, працює за межами Японії. Загальний штат співробітників фірми більше 380 тисяч осіб, а сукупний річний обсяг продаж перевищує 10 трильйонів єн. Техніка HITACHI виготовляється на заводах в Азії, Європі, Північній та Південній Америці, тому вона доступна для використання в усіх регіонах світу.

Пропонований фірмою спектр важкої будівельної та гірничодобувної техніки може задовольнити практично будь-які потреби виконання великих проектів, де необхідно переміщувати величезні обсяги грунтів, корисних копалин та інших сипких матеріалів. До лінійки подібної продукції відносяться:

- екскаватори вантажопідйомністю від 1 до 800 т;
- фронтальні вантажники;
- самоскиди;
- гусеничні крани;
- спеціалізована техніка для промислових та інфраструктурних об'єктів.

Офіційним дилером HITACHI в Україні є компанія EUROMACH, яка забезпечує професійний підбір та постачання оригінальної техніки (в тому числі у вигляді оренди або лізінгу), запчастин та комплектуючих елементів, повний спектр сервісних послуг, технічні консультації та підтримку процесу експлуатації машин.

Після того, як в 1965 році компанія HITACHI вийшла на ринок зі своїм першим гідравлічним екскаватором і швидко заробила репутацію перевіреного та

надійного розробника і виготовлювача виймально-навантажувального обладнання, перед її спеціалістами постала проблема створення виймально-транспортних комплексів, які б забезпечували максимально продуктивну механізацію усього технологічного ланцюга екскавації гірничої маси та переміщення вантажопотоків в межах кар'єрів та навколо них. Використовуючи багатий досвід компанії EUCLID (придбана HITACHI в 2001 році) в розробці гірничих самоскидів, фірма почала випускати власне кар'єрне транспортне обладнання. Новітні пропозиції HITACHI у сфері використання систем електроприводу зробили її продукцію надзвичайно популярною та затребуваною в усьому світі.

Самоскиди HITACHI з жорсткою рамою (рис. 1.5) чудово пристосовані для максимально продуктивної роботи у важких умовах гірських кар'єрів. Застосування в їхніх конструкціях систем тягового електроприводу змінного струму та електродинамічного гальмування забезпечує кращу керованість та стабільні ходові характеристики машин, а це позитивно позначається на техніко-економічних показниках роботи техніки.



Рисунок 1.5 – Кар'єрні самоскиди HITACHI з жорсткою рамою

В табл. 1.1 приведені основні експлуатаційні характеристики кар'єрних самоскидів HITACHI з жорсткою рамою [12].

Таблиця 1.1 – Кар'єрні самоскиди HITACHI з жорсткою рамою

Модель	Вага, кг	Відвантажувальна ємність кузова з «шапкою» 2:1 (SAE), $м^3$	Вантаж без тари, т	Довжина, мм
EH600	58490	32,0	58,49	6080
EH700-2	31800	23,9	39,3	-
EH1100	42800	38,7	65,6	-
EH1100-3	42800	38,7	64,9	9450
EH1100-5	45450	41,5	63,5	9870
EH1600	70900	57,1	89,7	-
EH1700	71700	60,3	98,4	10000
EH1700-3	163300	60,4	95,2	10540
EH3000	122100	101,9	156,9	-
EH3500	131000	115,1	193,3	12240
EH3500ACII	141000	111,0	168,0	13510
EH3500AC-3	146000	117,0	178,0	13560
EH4000ACII	162000	148,2	222,0	14340
EH4000AC-3	163000	154,0	221,0	14390
EH4500	198000	147,6	255,4	14300
EH5000ACII	210000	206,0	290,0	15190
EH5000AC-3	204000	202,0	296,0	15490

2 ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ САМОСКИДУ EH5000AC-3

2.1 Призначення та основні характеристики машини

Кар'єрний самоскид моделі EH5000AC-3 призначений для транспортування підірваної гірської маси в умовах гірничих підприємств відкритої розробки твердих корисних копалин [13-15].

Номінальна вантажопідйомність цієї унікальної установки в її стандартній комплектації дорівнює 296 т, а розрахункова повна експлуатаційна маса автомобіля – 500000 кг.

Стандартна комплектація самоскиду постачена дизельним приводом (двигун Cummins QSKTTA60-CE) номінальної потужності 2125 кВт (2850 к.с.).

В якості опційного виконання може використовуватися дизельний двигун MTU 16V4000 C31 номінальної потужності 2125 кВт (2850 к.с.).

На рис. 2.1 показаний загальний вигляд кар'єрного самоскиду HITACHI EH5000AC-3

2.2 Технічні характеристики приводу установки

Технічні характеристики дизельних двигунів стандартної та опційної комплектації самоскиду EH5000AC-3 приведені в табл. 2.1.

В якості альтернативного приводу може бути використана системи тягового електроприводу змінного струму, спеціально розроблена спеціалістами HITACHI для використання на кар'єрних самоскидах. До складу системи входять:

- шафа керування тяговим електроприводом змінного струму з надійною системою рідинного охолодження, інверторами для керування електродвигунами вентиляторів обдування та вентиляторів охолодження гальмівних резисторів шляхом регулювання величини струму. Шафа для безпеки надійно закривається дверцятами і в ній підтримується надлишковий тиск повітря для захисту від потрапляння всередину пилу;

- допоміжний генератор змінного струму для живлення електродвигунів вентиляторів охолодження гальмівних резисторів, вентиляторів обдування, насосу системи охолодження шафи керування та насосу систем и охолодження і фільтрації масла бортових передач;

- мотор-колеса змінного струму;

- блок гальмівних резисторів (електродинамічне гальмо), обладнаний вентилятором охолодження з інверторним керуванням швидкості обертання;

- редуктори мотор-коліс.

Технічні характеристики електричного приводу самоскиду приведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики електричного приводу самоскиду

Показники	Значення
Шафа керування тяговим електроприводом змінного струму	
Випрямляч: кількість номінальна потужність, кВт (к.с.) Інвертор на базі БТИЗ: кількість номінальна потужність кожного блоку, кВА Переривач: кількість номінальна потужність кожного блоку, кВт (к.с.)	 1 1680 (2253) 2 1200 2 1950 (2515)
Генератор змінного струму	
Кількість Потужність при 1900 об/хв., кВА	1 2050
Мотор-колеса змінного струму	
Кількість Потужність кожного, кВт (к.с.)	2 920 (1234)

Продовження таблиці 2.2	
Блок гальмівних резисторів (електродинамічне гальмо)	
Кількість модулів Потужність кожного модуля, кВт (к.с.) (короткочасно)	6 625 (838)
Редуктор мотор-колеса	
Передатне відношення планетарного редуктора Максимальна швидкість (при безупинному русі), км/год.	41,0:1 56

2.3 Габаритні розміри, маса машини і місткість кузова

Габаритні розміри машини приведені на рис. 2.2.

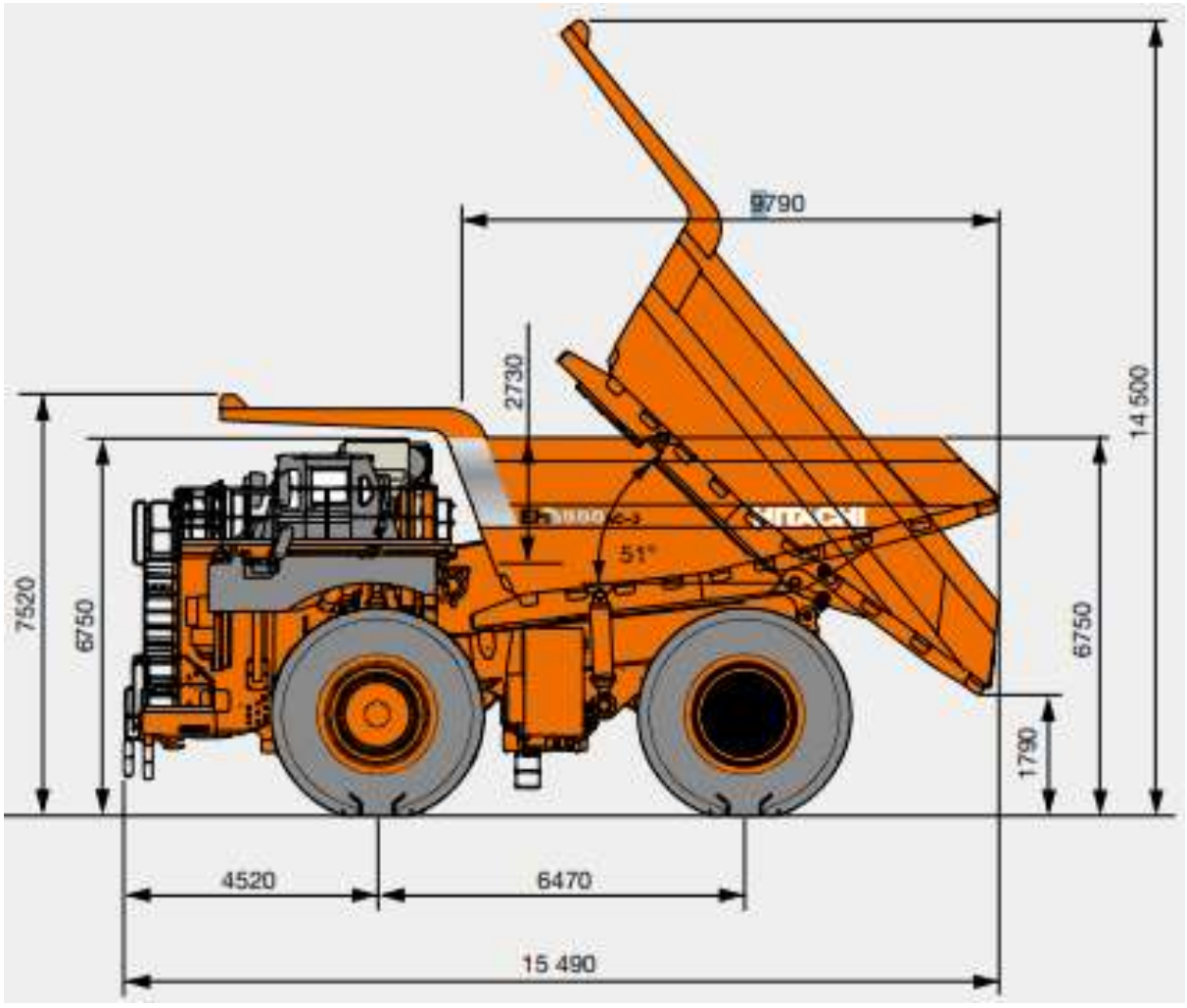


Рисунок 2.2 – Габаритні розміри самоскиду EH5000AC-3 (вид збоку)

Розміри приведені для машини з шинами 53/80R63 без вантажу. Фактичні розміри можуть відрізнятися в залежності від фірми-виготовлювача шин, їхнього типорозміру та тиску повітря в них.

Параметри маси самоскиду приведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Показники маси самоскиду EH5000AC-3

Показники	Значення
Маса шасі з приводом підйому кузова та додатковими елементами кузова*, кг	174000
Маса кузова, кг	30000
Маса машини без вантажу**, кг	204000
Розподілення маси, %:	
без вантажу:	
передня вісь	48
задня вісь	52
з вантажем:	
передня вісь	33
задня вісь	67
Номінальна вантажопідйомність самоскиду***, т	296
Розрахункова повна експлуатаційна маса машини, кг	500000

*Під додатковими елементами кузова розуміють набір деталей, що входять в стандартну комплектацію і встановлюються на кузов. До нього входять бризковики, пружні опори кузова, відбійники каменів та елементи кріплення.

**Приведена маса машини без вантажу включає в себе масу стандартного обладнання. Змінення цієї маси безпосередньо впливає на величину номінальної вантажопідйомності машини.

***Номінальна вантажопідйомність визначена згідно з політикою завантаження компанії HITACHI. Під час розрахунку цієї величини згідно з нормами конкретних підприємств можуть бути отримані значення, що відрізняються від неї. Тому для вибору конфігурації самоскиду, яка найкращим чином відповідатиме умовам експлуатації, слід звернутися за рекомендаціями до дилерів компанії HITACHI.

Що стосується місткості кузова самоскиду, то розрізняють її наступні варіанти:

- геометрична (SAE) – 148 м^3;
- з «шапкою» 3:1 – 185 м^3;
- з «шапкою» 2:1 (SAE) – 202 м^3.

Величини місткості та вантажопідйомності кузова можуть бути скоректовані згідно з густиною транспортованого матеріалу та особливостями експлуатації машини.

2.4 Перелік стандартного обладнання самоскиду

2.4.1 Основне обладнання

До переліку основного стандартного обладнання установки входять:

- система тягового електроприводу змінного струму;
- автоматичний круїз-контроль;
- автоматична система керування електродинамічним гальмуванням;
- автоматична змащувальна система (Lincoln);
- вимикач акумуляторних батарей;
- трос стопора платформи;
- шафа керування з системою підтримки надлишкового тиску повітря, рідинною системою охолодження та запірними дверцятами;
- глушник на верхньому майданчику;
- огородження для захисту від каміння на верхньому майданчику;
- діагональні передні сходи;
- система підйому кузова з електричним керуванням;
- електричні звукові сигнали – 4 шт.;
- аварійні сходи – 2 шт.;
- сходи для доступу до двигуна – 2 шт.;
- вимикачі двигуна: поруч з двигуном – 2 шт.; на бампері з доступом з грунту – 1 шт.; у відсіку заднього моста – 1 шт.;
- огородження вентилятора і пасів;
- муфта вентилятора;
- система швидкої заправки експлуатаційними рідинами;
- обладнання системи швидкої заправки паливом;
- система охолодження мастила бортових передач;

- система фільтрації мастила бортових передач;

- дзеркала переднього виду (ліве/праве);

- паливний фільтр/вологовіддільник;

- паливний бак ємністю 2900 л;

- відсік акумуляторних батарей, доступний з рівня грунту;

- блок реле, доступний з рівня грунту;

- електродвигун вентилятора обдування для охолодження генератора змінного струму з системою керування на базі БТИЗ – 1 шт.;

- електродвигун вентилятора обдування для охолодження мотор-коліс з системою керування на базі БТИЗ – 1 шт.;

- електродвигун системи циркуляції мастила бортових передач з системою керування на базі БТИЗ – 1 шт.;

- електродвигуни вентиляторів гальмівних резисторів з системою керування на базі БТИЗ – 6 шт.;

- система вимірювання маси вантажу;

- система контролю максимальної швидкості у відповідності із завантаженням;

- амортизаційні стояки підвіски NEOCON;

- радіатор, повітряні радіатори для двигуна Cummins;

- радіатор, радіатори L & M;

- камера заднього виду;

- дзеркала заднього виду – 4 шт,;

- обіди – 36 дюймів;

- відеокамера бічного виду (права);

- відсічний кран всмоктувального трубопроводу гідравлічного баку;

- гідроакумулятор переднього контуру робочої гальмівної системи;

- гідроакумулятор заднього контуру робочої гальмівної системи;

- гідроакумулятор рульового контуру гідросистеми;

- буксирувальні гаки передні;

- буксирувальні вуха задні.

2.4.2 Кабіна

Кабіна оператора самоскиду постачена наступним стандартним обладнанням:

- кондиціонером;
- попільничкою та прикурювачем;
- розеткою електричною на 12 В;
- монітором для трансляції зображень з камер спостереження, встановлених на машині;
- гачком для одягу;
- тримачем для документів;
- підстаканниками – 3 шт.;
- бортами лотка – 3 шт.;
- вимикачем аварійного зупинника двигуна;
- радіоприймачем FM-діапазону;
- опорою для ноги;
- опалювачем та системою обігріву скління кабіни;
- конструкцією кабіни, інтегрованою з вимогами ROPS/FOPS;
- монітором з ЖК-дисплеєм;
- світлодіодними плафонами освітлення кабіни – 2 шт.;
- вимикачем навантажувально-розвантажувального гальма;
- сітчастими карманами на дверях – 2 шт.;
- вимикачем обмеження швидкості при піднятій платформі;
- повнорозмірним сидінням оператора з пневматичною підвіскою, 3-точковим пасом безпеки шириною 50 мм та автоматичним регулюванням підвіски в залежності від ваги оператора;
- сидінням інструктора стандартного розміру з механічною підвіскою та 2-точковим пасом безпеки шириною 50 мм;
- тонованим безпечним склінням дверей з можливим опусканням;
- лоткам и (переднім і заднім);
- розеткою електроживлення на 12 В.

2.4.3 Індикатори і вказівники, що відображаються на дисплеї монітора

До них відносяться:

- індикатор необхідності технічного обслуговування системи тягового електроприводу змінного струму;
- вказівник температури навколишнього середовища;
- індикатор куту нахилу кузова;
- вказівник тиску робочої рідини в гальмівній системі та системі рульового керування;
- головний попереджувальний індикатор;
- годинник;
- вказівник температури охолоджувальної рідини двигуна;
- індикатор стану системи керування приводом;
- попереджувальні індикатори стану тягового електроприводу;
- вказівник тиску масла в двигуні;
- попереджувальні індикатори стану двигуна;
- попереджувальний індикатор зупинки двигуна;
- вказівник рівня палива в баку;
- попереджувальні індикатори стану гідравлічної системи;
- індикатор коду HCM;
- рядок повідомлень;
- індикатор коду SAE;
- індикатор освітлювальних приладів;
- індикатор маси вантажу;
- модель;
- індикатор положення важелю перемикання передач;
- спідометр (з лічильником пробігу);
- індикатор активації відсічного клапану гідравлічного баку;
- тахометр;
- індикатор вказівників повороту;
- вказівник температури мотор-коліс.

2.4.4 Освітлювальні прилади машини

Машина постачена наступними освітлювальними приладами:

- сигналами заднього ходу – 2 шт.;
- габаритними вогнями – 4 шт.;
- задніми комбінованими вогнями (стоп-сигналами та габаритними вогнями) – 2 шт.;
- ліхтарями освітлення верхнього майданчику – 2 шт.;
- ліхтарем освітлення діагональних передніх сходів;
- ліхтарями освітлення моторного відсіку – 2 шт.;
- розрядними фарами високої інтенсивності – 8 шт.;
- зовнішніми індикаторами маси вантажу – 2 групами по 2 лампи;
- ліхтарем освітлення відсіку заднього моста.

2.5 Перелік і маса обладнання, що поставляється за окремим замовленням

Покупець самоскиду може замовити опційне обладнання для своєї машини, а саме:

- систему Aerial Angle;
- конектори підключення до контуру гідросистеми підйому платформи (аварійний підйом);
- конектори підключення до контуру рульової гідросистеми (аварійне буксирування машини іншим самоскидом);
- футерівку кузова твердістю 400 НВ;
- стопорні пальці замість тросу стопора платформи;
- кузови нестандартних розмірів;
- комплект обладнання і матеріалів для роботи в умовах низьких температур;
- системи зв’язку двох можливих варіантів – GPRS та супутникової передачі даних;
- штуцери системи швидкої заправки експлуатаційними рідинами;
- штуцер системи швидкої заправки паливом;

- паливний бак місткістю 4950 л;

- повнорозмірне сидіння оператора з пневматичною підвіскою, 3-точковим пасом безпеки шириною 50 мм та напівактивною системою керування підвіскою;

- повнорозмірне сидіння інструктора з пневматичною підвіскою, 3-точковим пасом безпеки шириною 50 мм та автоматичним регулюванням підвіски в залежності від ваги людини;

- повнорозмірне сидіння інструктора з пневматичною підвіскою, 3-точковим пасом безпеки шириною 50 мм та напівактивною системою керування підвіскою;

- захисне огородження блоку гальмівних резисторів;

- галогенні ліхтарі підсвічення передніх шин – 2 шт.;

- підігрівні дзеркала;

- галогенні фари – 8 шт.;

- дисплеї-індикатори маси вантажу – 2 шт.;

- радіатор, радіатори L & M;

- обіди – 38 дюймів;

- швидкорознімний обід;

- комплект зниження аеродинамічного шуму на впуску блоків гальмівних резисторів;

- запасний обід;

- захисні огородження шин – 2 шт.;

- систему позиціонування пантографа;

- систему живлення від контактної мережі;

- конфігурацію для роботи від контактної мережі (Trolley);

- WIU (блок безпровідного інтерфейсу).

В табл. 2.4 приведені деякі величини маси обладнання, що поставляється за окремим замовленням.

Таблиця 2.4 – Деякі величини маси обладнання, що поставляється за окремим замовленням

Найменування обладнання	Маса, кг
Листи футерівки кузова (твердість 400 НВ), в тому числі футерівки підлоги та кутових елементів (товщина 12 мм), листи футерівки бічних стінок, передньої стінки та козирка (товщина 6 мм)	9300
Паливний бак місткістю 4950 л, повністю заправлений (зростання маси у порівнянні з масою машини зі стандартно заправленим баком)	2400
Пальці стопора платформи	80
Радіатор L & M для двигуна Cummins (додаткова маса)	430
Дисплеї-індикатори маси вантажу (2 шт.)	150
Обіди 38 дюймів (додатковий вантаж)	780

3 АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ МАШИНИ

3.1 Експлуатаційні переваги тягового електроприводу змінного струму

Розроблена компанією HITACHI технологія тягового електроприводу змінного струму забезпечує відмінні експлуатаційні якості кар'єрних самоскидів, на яких вона застосовується. Привод змінного струму дає можливість збільшувати максимальні швидкості руху, долати більш круті підйоми шляху та підвищувати ефективність процесу електродинамічного гальмування. Застосування блоків інверторів гарантує відмінну керованість самоскидів та високий к.к.д. системи їхнього приводу [13-15].

На рис. 3.1 показана схема розташування агрегатів системи тягового електроприводу змінного струму самоскиду EH5000AC-3

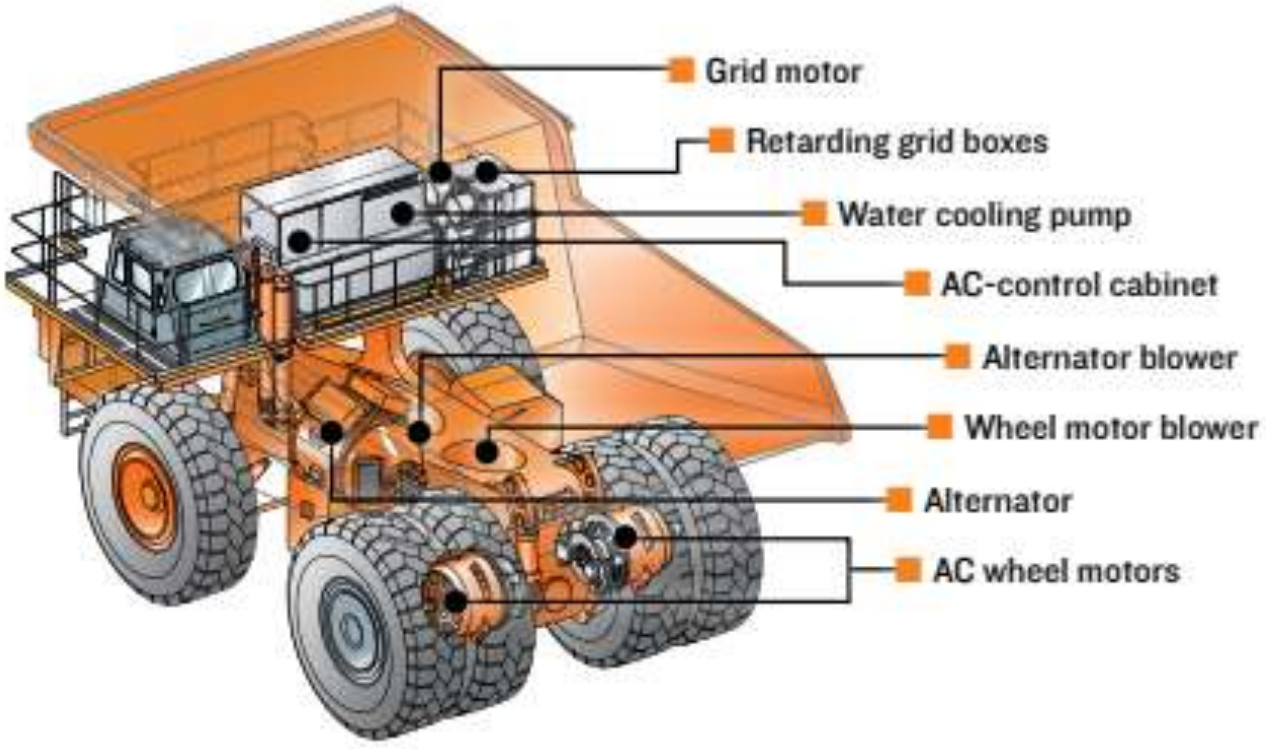


Рисунок 3.1 – Схема розташування агрегатів системи тягового електроприводу змінного струму самоскиду EH5000AC-3: 1 – електродвигун вентилятора гальмівного редуктора; 2 – блок гальмівних резисторів; 3 – насос рідинної системи охолодження; 4 – шафа керування тяговим електроприводом змінного струму; 5 – вентилятор обдування генератора змінного струму; 6 – вентилятор обдування мотор-коліс; 7 – генератор змінного струму; 8 – мотор-колеса змінного струму

Керування системою тягового електроприводу змінного струму забезпечується за рахунок використання:

- *системи електродинамічного гальмування*, яка дозволяє оператору (за виключенням аварійних ситуацій) зупиняти самоскид лише натиском на педаль електродинамічного гальмування. При цьому система керування електроприводом змінного струму автоматично вмикає робочі гальма безпосередньо перед зупинкою машини. Така конструкція спрощує керування установкою та збільшує інтервали технічного обслуговування робочих гальм;

- *системи автоматичного круїз-контролю*, яка підтримує швидкість руху самоскиду в межах заданого діапазону, не дозволяючи їй опускатися нижче мінімально допустимого значення;

- *системи автоматичного керування уповільненням* під час руху під ухил, яка підтримує швидкість в межах заданого діапазону, обмежуючи її максимальне значення.

Мотор-колеса з тяговими електродвигунами змінного струму (рис. 3.2) постачені двохпотоковим планетарним редуктором, перше (зовнішнє) водило якого обертається зі швидкістю колеса. Це дозволяє знизити робочі температури редуктора, підвищити к.к.д. та зручність технічного обслуговування його конструкції. Високий ресурс елементів редуктора досягається за рахунок використання системи циркуляції мастила з інверторним керуванням, яка містить пристрої охолодження і фільтри.



Рисунок 3.2 – Мотор-колеса з тяговими електродвигунами змінного струму

Мотор-колеса не мають щітково-колекторних вузлів, що покращує їхні експлуатаційні якості за рахунок зниження витрат на технічне обслуговування.

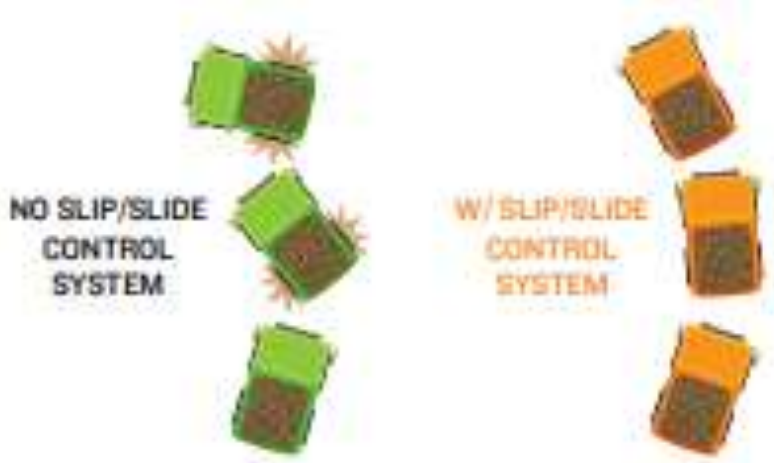
Завдяки усім цим перевагам, система тягового електроприводу змінного струму підвищує рентабельність експлуатації кар'єрних самоскидів. Покращення експлуатаційних характеристик, підвищення ступеню технічної готовності та значне скорочення витрат на експлуатацію суттєво знижують питому собівартість видобутку корисних копалин і підвищують віддачу інвестиційних вкладень в гірничій галузі. Високий рівень інноваційності цієї розробки підтверджується широким використанням системи тягового електроприводу змінного струму HITACHI для залізничних локомотивів в усьому світі.

Спеціалістами компанії також запропонована нова система керування приводом для підвищення курсової стійкості та продуктивності машин за рахунок застосування наступних технологій (рис. 3.3):

- *системи запобігання заносу або буксуванню машини*. Якщо під час руху машини по слизькому або замерзлому шляху система виявляє пробуксовку або блокування задніх коліс, вона негайно коректує відповідним чином величину крутного моменту на мотор-колесах і забезпечує надійну курсову стійкість кар'єрного самоскиду. На рис. 3.3*а* показані схеми руху машини без використання системи (ліворуч) та з нею (праворуч);

- *системи зниження поздовжніх коливань машини*. Якщо під час руху по нерівній дорозі або при різкому гальмуванні система виявляє поздовжні коливання самоскиду, вона також коректує крутні моменти на мотор-колесах для зменшення амплітуди розхитування машини для підвищення комфорту пересування та зниження можливості просипу вантажу. На рис. 3.3*б* показані схеми руху машини без використання системи (зверху) та з нею (знизу);

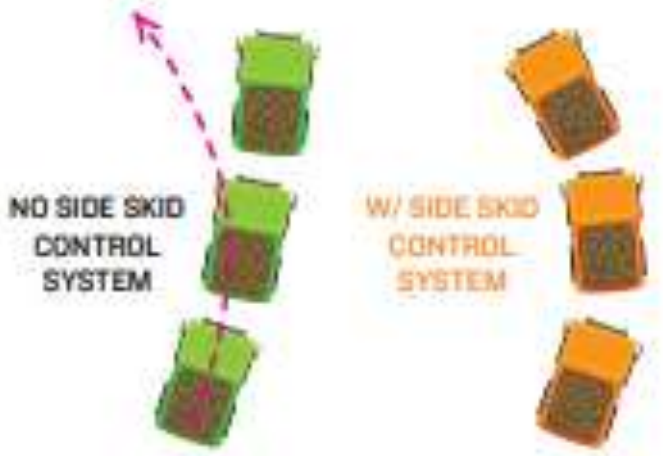
- *система запобігання бічному заносу*. Якщо система за допомогою датчиків швидкості, встановлених на кожному колесі, виявляє недостатню або надлишкову реакцію самоскиду на поворот рульового колеса, вона відповідним чином змінює величину крутного моменту на мотор-колесах для нівелювання бічного заносу. Це робить рух машини більш плавним, підвищує його стійкість на доро-



а



б



в

Рисунок 3.3 – Система керування приводом HITACHI:
а – система запобігання заносу або буксуванню (зліва – без системи, справа – з системою); *б* – система зниження поздовжніх коливань (зверху – без системи, знизу – з системою); *в* – система запобігання бічному заносу (зліва – без системи, справа – з системою)

зі, а також керованість установки. На рис. 3.3*в* показані схеми руху машини без використання системи (ліворуч) та з нею (праворуч).

В якості опції самоскид постачається системою живлення від контактної мережі постійного струму (Trolley). Тобто система тягового електроприводу змінного струму може живитися як від дизельного двигуна машини, так і від повітряної контактної лінії, якщо вона є в даному кар'єрі. Перемикання з одного режиму живлення на інший здійснюється легко і швидко.

В разі використання живлення від дизельного двигуна потік енергії від нього поступає на генератор змінного струму і через шафу керування тяговим електроприводом змінного струму передається на тягові електродвигуни мотор-коліс. В цьому випадку дизельний двигун під час подолання самоскидом підйому з вантажем розвиває максимальну потужність і забезпечує роботу двох тягових електродвигунів, усього допоміжного обладнання та гідравлічного насосу.

Коли застосовується режим живлення від контактної мережі потік енергії від неї через блок системи контактного електроживлення і шафу керування тяговим електроприводом змінного струму передається безпосередньо на тягові електродвигуни мотор-коліс. В цій ситуації дизельний двигун самоскиду працює на холостому ходу (1200 об/хв.), забезпечуючи роботу лише допоміжного обладнання та гідравлічного насосу.

Система живлення машини від контактної мережі має наступні переваги:

- підвищена приблизно удвічі швидкість на підйомі машини з вантажем у порівнянні із самоскидом, що працює із живленням від дизельного двигуна. Це дає можливість скорочення часу робочого циклу машини та підвищення її продуктивності;

- знижена витрата дизельного палива та забезпечення ефективного руху за рахунок постійного струму високої напруги (2400-2600 В). В результаті скорочуються експлуатаційні витрати та підвищується економічність роботи самоскиду;

- знижені навантаження на дизельний двигун та підвищення терміну його служби. А це скорочує експлуатаційні витрати і збільшує економічність та про-

дуктивність транспортних робіт за рахунок зростання інтервалів обслуговування двигуна;

- знижені величини токсичності відпрацьованих газів та рівня шуму від роботи двигуна внаслідок низької частоти обертання колінчастого валу двигуна в режимі живлення від контактної мережі (1200 об/хв.), що позитивно впливає на екологічність усієї установки.

Для системи живлення від контактної мережі компанією HITACHI розроблені спеціальні вуглеметалеві струмознімачі для самоскидів, які забезпечують зменшену ймовірність ушкодження в результаті вібрації.

Під час руху за допомогою цієї системи живлення оператор самоскиду має можливість контролювати взаємне розташування повітряної контактної лінії та струмознімача машини за допомогою опційної системи позиціонування пантографу (TLA) та монітору системи периферійного огляду Aerial Angle (рис. 3.4). Функція визначення положення контактного проводу (рис. 3.4*а*) допомагає оператору правильно зорієнтувати самоскид відносно контактної мережі, а функція орієнтації пантографу (рис. 3.4*б*) дає можливість пересувати машину таким чином, щоб струмознімач знаходився у постійному контакті з проводами. Обидві функції суттєво полегшують керування тролейвозом в режимі живлення від контактної мережі.



а *б*

Рисунок 3.4 – Система позиціонування пантографу (TLA):
а – визначення положення контактного проводу; *б* – орієнтація пантографа

3.2 Аналіз конструкцій рами та ходової частини самоскиду

Одна з найважчих світових моделей кар'єрних самоскидів, конструкція установки EH5000AC-3 відрізняється найвищими рівнями міцності та надійності, які забезпечують ефективну та високопродуктивну експлуатацію машину у надзвичайно складних та навантажених умовах відкритої розробки твердих корисних копалин в кар'єрах.

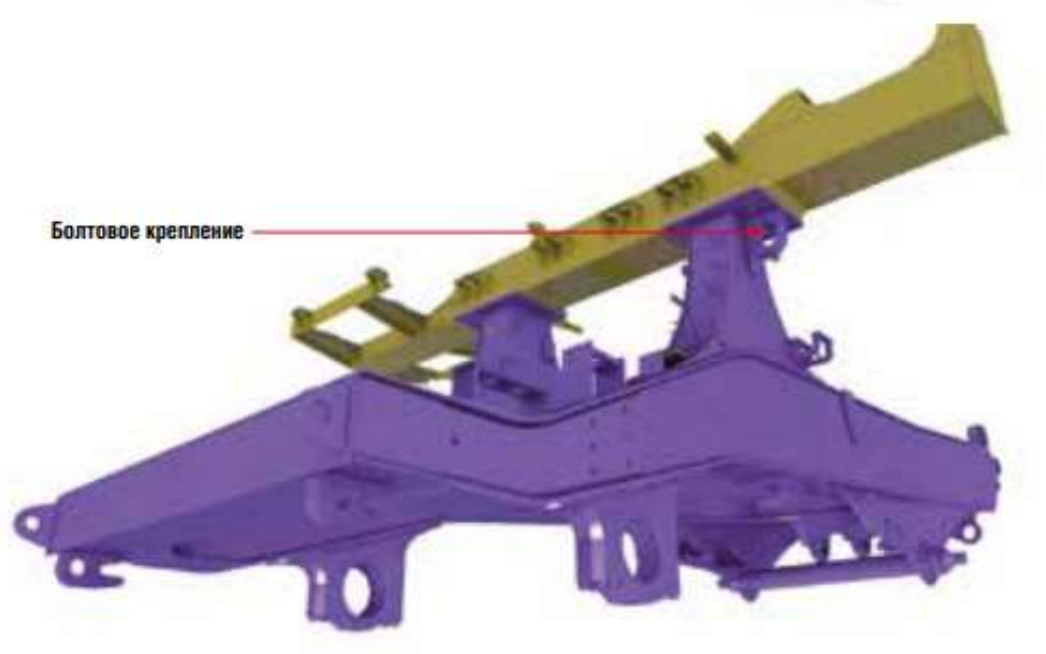
Наприклад, зварне коробчасте виконання та прямокутна форма балок і лонжеронів рами самоскиду надають їм чудову стійкість перед дією згинальних та крутних навантажень і значно підвищують термін служби конструкції. В більш навантаженій задній частині рами відстань між лонжеронами менша в порівнянні з передньою. Суцільні конструкції верхнього та нижнього поясів рами виключають необхідність використання поперечин і створюють в її центральній частині велику відкриту зону для доступу до основних агрегатів самоскиду. Усі зварні елементи орієнтовані згідно з розподіленням діючих навантажень, що знижує концентрацію напружень та підвищує міцність і надійність рами. Цьому також сприяють з'єднання деталей рами, виконані з великими радіусами. На рис. 3.5 показані конструкції поясів рами, в тому числі верхнього з поперечною балкою для кріплення кабіни оператора.

Передня підвіска самоскиду виконана на поздовжніх важелях за незалежною схемою. Поздовжні важелі є основними елементами підвіски, до яких кріпляться решта деталей. Самі вони шарнірно закріплені на балці переднього моста. Із зовнішнього боку кожного важеля знаходиться шворень, навколо якого обертається поворотний кулак. Він служить для установки колеса у потрібне положення за допомогою окремого гідроциліндра системи рульового керування. Поворотні кулаки сполучені між собою поперечною рульовою тягою.

Амортизаційні стояки NEOCON, які виконують функцію поглинання та віддачі енергії, кріпляться до рами і верхньої частини кожного з поздовжніх важелів за допомогою кульових втулок, що виключають передачу на стояки згинальних навантажень (стояки сприймають лише осьові навантаження). Стояки напов-



а



б

Рисунок 3.5 – Вузли рами самоскиду:
а – верхній пояс рами з поперечною балкою для кріплення кабіни оператора;
б – нижній пояс рами

нені енергопоглинальним газоподібним гелієм та стискальною рідиною NEOCON-E^{TM}. В конструкціях стояків реалізується функція регулювання параметрів процесу амортизації як під час ходу стискання, так і ходу віддачі.

На рис. 3.6 показані конструкції передньої підвіски самоскиду та амортизаційного стояка NEOCON, а на рис. 3.7 – схеми роботи цієї підвіски в різних ситуаціях експлуатації машини.

А-подібна рама задньої підвіски конструктивно об'єднана з корпусом заднього моста. З'єднання заднього моста і рами здійснюється за рахунок винесеного перед мостом сферичного підшипника. Поперечна тяга забезпечує бічну стійкість цього з'єднання. Аналогічні, але посилені конструкції стояків NEOCON встановлені між рамою і заднім мостом.

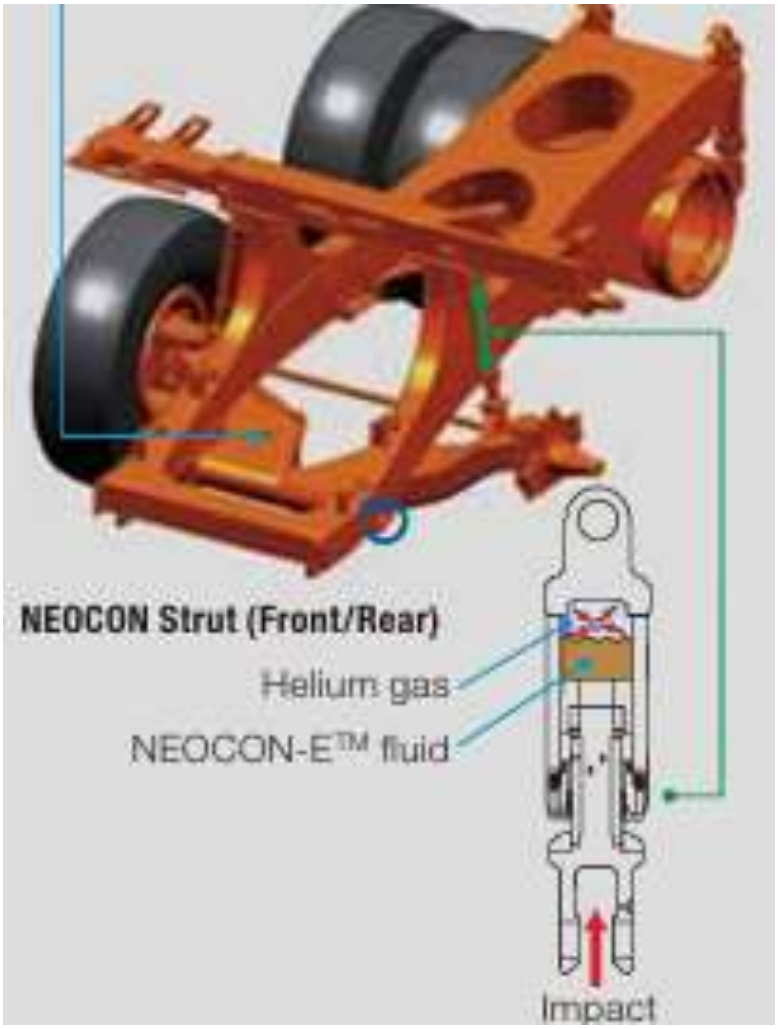


Рисунок 3.6 – Конструкція передньої підвіски самоскиду на поздовжніх важелях: 1 – амортизаційні стояки NEOCON (встановлюються також і на задній підвісці); 2 – газоподібний гелій; 3 – рідина NEOCON-E^{TM}; 4 – навантаження

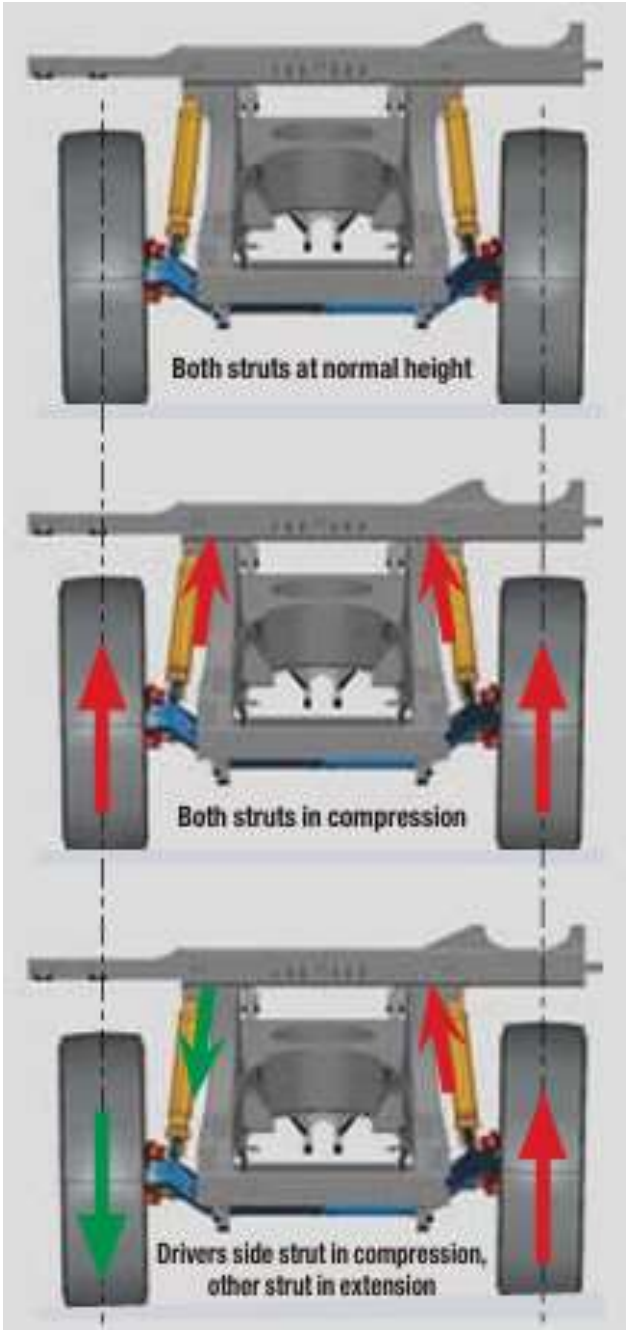


Рисунок 3.7 – Схеми роботи передньої підвіски самоскиду:
зверху – обидва стояки знаходяться у нейтральному положенні;
посередині – обидва стояки стиснуті; знизу – стояк з боку водія стиснутий,
а шток другого стояка повністю висунутий

Підвіска HITACHI забезпечує відмінну маневреність самоскидів навіть при високих швидкостях руху. Схема з поздовжніми важелями значно спрощує технічне обслуговування підвіски, а осьове кріплення важелів дозволяє передавати на стояки лише вертикальні навантаження і забезпечує тільки вертикальне переміщення колеса. Основними особливостями підвіски самоскиду є наступні:

- поперечні сили, що діють на передні колеса, зведені до мінімуму, завдяки чому зменшений знос шин;

- динамічне тертя бічних стінок стояків зменшено за рахунок конструкції кріплення поздовжніх важелів. Це дозволяє використовувати більш легкі конструкції важелів з меншим діаметром та збільшеним ходом;

- в схемі рами відсутня посилена поперечна дуга, необхідна для монтажу підвіски з телескопічними стояками, які суміщують функції поворотного шворню та стояка. Крім того, це полегшує доступ до двигуна;

- амортизаційні стояки NEOCON згладжують вплив дорожніх нерівностей на водія та механізми машини, підвищують стійкість самоскиду та забезпечують більш передбачену реакцію машини на керуючий вплив;

- установка поворотного шворня в безпосередній близькості від колеса з незначним кутом нахилу зменшує зусилля, необхідне для повороту коліс нерухомого самоскиду;

- використання робочого тіла, що складається з рідини NEOCON-E™ на силіконовій основі та гелію, дозволило підвищити поглинання енергії (покращити ізоляцію водія і механізмів самоскиду від впливу дорожніх нерівностей) та її віддачу (підвищити стійкість машини). Це позитивно вплинуло на показники руху як завантаженого, так і порожнього самоскиду в широкому діапазоні температур навколишнього середовища.

Наприкінці аналізу ходової частини самоскиду декілька слів про його шини. Для передніх і задніх коліс установки передбачено використання скатів типу 53/80R63 зі стандартною шириною обіду 914 мм (36 дюймів) та опійною шириною 965 мм (38 дюймів). Виробники цієї продукції пропонують багато варіантів, що підходять для різних умов експлуатації. Тому для забезпечення високої продуктивності відкатки слід проконсультуватися з виробником шин для отримання професійних рекомендацій щодо їхнього вибору, які ґрунтуються на потрібних величинах повної експлуатаційної маси та крейсерської швидкості самоскиду, а також враховують конкретні умови на даному робочому майданчику (важкі умови можуть призвести до обмеження вказаних величин).

3.3 Особливості конструктивного виконання кузову машини

Кузов самоскиду ЕН5000АС-3 виготовлений з високоміцної легованої сталі твердістю 400 НВ та межею міцності 690 Н/мм^2, що характеризується підвищеною стійкістю до абразивного зносу.

Збільшена конструкція козирка захищає верхній майданчик для обслуговування самоскиду від випадкових падінь шматків матеріалу. В місцях опори кузова на раму встановлені пружні конструкції, що амортизують ударні навантаження, що виникають під час завантаження кузова матеріалом та його транспортування..

В табл. 3.1 приведені товщини листів, з яких виконані окремі елементи кузова, та товщини листів футерівок, які можуть бути поставлені на кузові за додатковим замовленням.

Таблиця 3.1 – Товщини сталевих листів кузова та листів його футерівок

Конструктивні елементи кузова	Товщина листів елементів, мм	Товщина листів футерівок (за додатковим замовленням), мм
Днище	16	12
Передня стінка	9	6
Бічні стінки	9	6
Кутові елементи	12	12
Козирок	6	6

Конструкція кузова самоскиду з горизонтальними ребрами жорсткості забезпечує максимальне зниження концентрацій напружень, а ударні навантаження розподіляються по усій довжині кузова. Оптимально підібрані відстані між ребрами жорсткості гарантують додатковий захист кузова за рахунок мінімізації слабких зон його конструкції.

Таким чином, проектувальниками компанії НІТАСНІ розроблена міцна та

витривала конструкція кузова, яка здатна довгий час працювати у важких умовах транспортування абразивної крупношматкової гірської маси. Пропонуються індивідуальні рішення, що відповідають конкретним видам робіт. На рис. 3.8 показані деякі модифікації кузовів самоскиду ЕН5000АС-3 (стандартний та опційні).

Стандартний кузов (рис. 3.8*а*) розрахований на перевезення найбільш розповсюджених гірських порід середньої густини і сумісна з більшістю моделей навантажувального обладнання. Для поставки кузова доступні різні опції, наприклад, зазначена вище футерівка, огородження від просипу грунту та розширений козирок.

Кузов для перевезення вугілля (опція) (рис. 3.8*б*) призначений для дрібно подрібнених слабо абразивних порід низької густини. Конструкція кузова забезпечує швидке розвантаження транспортованих гірських порід, має відносно невелику власну масу та значну місткість.

Кузов для перевезення залізної руди (опція) (рис. 3.8*в*) розроблений спеціально для експлуатації в умовах залізорудних родовищ. Він розрахований на перевезення гірських порід великої густини і має оптимальні характеристики для ефективного виконання операцій навантаження і розвантаження матеріалу.

Компанією можуть бути розроблені й інші конструктивні варіанти кузовів для будь-яких умов експлуатації. Усі перераховані типи кузовів за додатковим замовленням можуть постачатися системою підігріву (рис. 3.8*г*), в якій використовуються відпрацьовані гази, що рухаються по спеціальним газоходам. В умовах низьких температур система підігріву кузова зменшує ймовірність примерзання вантажу та неповного спорожнення кузова, що сприяє підвищенню продуктивності процесу транспортування гірської маси.

3.4 Робочі системи самоскиду

Система рульового керування самоскиду використовує гідрообємний при вод з гідророзподільником, аксіально-поршневим гідронасосом регульованої продуктивності та двома гідроциліндрами двосторонньої дії. Гідроакумулятори

HITACHI виконують при цьому функцію допоміжного джерела енергії для приводу рульового керування згідно зі стандартом ISO 5010 (SAE J1511) і забезпечують постійну швидкість повороту коліс у будь-яких умовах роботи. В стандартну комплектацію системи входить рульове колесо з можливістю регулювання кута нахилу в межах 35° та вильоту в межах 57 мм. Діаметр повороту самоскиду (ISO 7457) становить 29,9 м.

Гальмівна система машини відповідає вимогам ISO 3450 (SAE J1473). Вона включає:

- робочу гальмівну систему з гідравлічними гальмами передніх і задніх коліс. На передній осі встановлені дискові гальма сухого типу (2 диска/вісь, 4 супорта/диск, діаметр диску – 133,3 см). На задній осі передбачені маслоохолоджувальні дискові гальма мокрого типу із загальною площею поверхні тертя на один гальмівний механізм – 75760 $см^2$.

Основною системою гальмування самоскиду EH5000AC-3 служить система електродинамічного гальмування. Система тягового електроприводу змінного струму HITACHI забезпечує повне керування швидкістю руху машини, включаючи зниження швидкості до 0 км/год. під час руху завантаженого самоскиду на спуску при натисканні педалі електродинамічного гальмування. Крім того, при натисканні цієї педалі відбувається автоматичне вмикання робочої гальмівної системи при швидкості руху нижче 0,5 км/год. Максимальна потужність електродинамічного гальмування в стандартній комплектації самоскиду – 3750 кВт (5029 к.с.).

Допоміжною функцією робочої гальмівної системи є забезпечення резервної можливості (на додаток до електродинамічного гальмування) повністю керованого гальмування за допомогою двох незалежних гідравлічних контурів;

- стоянкове гальмо з гальмовими супортами з пружинним вмиканням та гідравлічним загальмуванням для забезпечення надійного блокування самоскиду на місці паркування;

- навантажувально-розвантажувальне гальмо, що використовується під час циклів навантаження і розвантаження машини. При переводі оператором пере-

микача в увімкнений стан подається живлення на електромагнітний клапан, який забезпечує подачу максимального тиску до задніх дискових гальм мокрого типу.

Гідравлічна система самоскиду постачена двома трьохступінчастими гідроциліндрами HITACHI двосторонньої дії з електронним керуванням процесу демпфірування наприкінці ходів висунення та втягування штока. Циліндри мають подвійні ущільнення штока та поліуретанові підпружинені знімачи бруду.

Циліндри закріплені на кузову, а висувні секції спираються на раму. Здвоєний аксіально-поршневий насос інтегрований з чотирьохпозиційним гідророзподільником приводу підйому кузова з електронним керуванням. Джойстик керування підйомом платформи для зручності експлуатації розташований на центральній консолі оператора.

Кут нахилу кузова під час підйому – 58^{o}.

Час підйому платформи – 24 с.

Час опускання платформи під дією власної ваги – 22 с.

Електрична система машини має робочу напругу 24 В. В разі використання двигуна Cummins застосовується генератор змінного струму на 140 А, а двигуна MTU – на 260 А.

Самоскид постачений чотирма акумуляторними батареями 245H52 з напругою 12 В для важких умов експлуатації з послідовно-паралельною схемою з’єднання.

3.5 Кабіна керування машиною

Кабіна оператора HI-TECH ROPS/FOPS самоскиду має міцну конструкцію з подвійними стінками з внутрішніх та зовнішніх сталевих панелей товщиною 11 мм (рис. 3.9). Кабіна встановлена на верхній поперечній балці рами машини за допомогою трьох віброізольованих гумових опор, які максимально зменшують вплив вібрацій на водія.

Конструкція ROPS кабіни відповідає вимогам стандарту ISO 3471, а конструкція FOPS – ISO 3449.

Кабіна має збільшену ширину і, крім сидіння оператора, постачена повнорозмірним сидінням інструктора з достатньо вільним простором для ніг. Завдяки цьому та іншим конструктивним рішенням всередині кабіни створені зручні й комфортні умови для продуктивної роботи та успішного навчання (рис. 3.10).

Кабіна обладнана системою контролю, створеною компанією HITACHI, яка виводить на дисплей інформацію та діагностичні дані, отримані з усіх бортових систем та агрегатів, включаючи двигун та тяговий електропривод змінного струму. Шини передачі даних забезпечують повну інтеграцію систем машини, а кольоровий ЖК-дисплей, встановлений в центрі панелі приладів (аналогічний дисплеям кар'єрних екскаваторів HITACHI), в наочному вигляді відображає інформацію про роботу основних агрегатів самоскиду (рис. 3.11).



Рисунок 3.9 – Загальна конструкція кабіни оператора самоскиду EH5000AC-3

Кабіна забезпечує чудову оглядовість робочої зони самоскиду, а система кондиціювання повітря з додатковими дефлекторами його подачі в зону ніг дає можливість підігрівати або охолоджувати нижню частину кабіни (рис. 3.12).



Рисунок 3.11 – ЖК-дисплей кабіни оператора:
1 – модель; 2 – попереджувальні індикатори стану тягового електроприводу; 3 – індикатор вказівника повороту; 4 – попереджувальний індикатор зупинника двигуна; 5 – головний попереджувальний індикатор; 6 – тахометр; 7 – індикатор положення важелю перемикання передач; 8 – лічильник мотогодин; 9 – попереджувальні індикатори стану гідравлічної системи; 10 – індикатори освітлювальних приладів; 11 – вказівник рівня палива в баку; 12 – індикатор маси вантажу; 13 – вказівник тиску робочої рідини в гальмівній системі та системі рульового керування; 14 – вказівник температури мотор-коліс; 15 – вказівник температури охолоджувальної рідини двигуна; 16 – вказівник тиску масла в двигуні; 17 – рядок повідомлень; 18 – індикатор коду SAE; 19 – індикатор коду HCM; 20 - годинник; 21 – спідометр (з одометром); 22 – попереджувальні індикатори стану двигуна; 23 – індикатор активації відсічного клапану гідробаку; 24 – індикатор попередження про необхідність технічного обслуговування системи тягового електроприводу змінного струму; 25 – індикатор кута нахилу кузова; 26 - індикатор стану системи керування приводом; 27 – вказівник температури навколишнього середовища

Проведений аналіз конструкції самоскиду HITACHI EH5000AC-3 дозволив зробити наступні висновки:

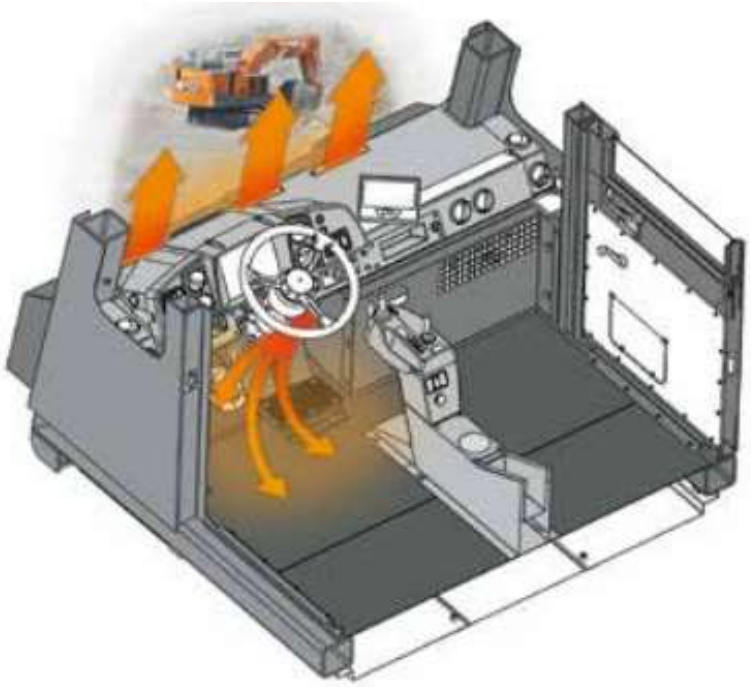


Рисунок 3.12 – Система кондиціювання повітря в кабіні оператора

- багатий досвід спеціалістів компанії HITACHI в конструюванні кар'єрної автомобільної техніки та новітні розробки в галузі систем тягового електроприводу змінного струму забезпечили можливість створення передових технічних рішень з транспортування гірської маси, які користуються визнанням в гірничодобувній промисловості. Завдяки цьому самоскиди EH5000AC-3 заслужено завоювали репутацію виключно продуктивних і надійних машини на відкритих гірничих розробках в усьому світі;

- таким чином, можна констатувати високий технічний рівень розглянутого в роботі обладнання.

4 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБУ

4.1 Використання установки за призначенням

Для забезпечення високоефективної роботи комплексів механічного обладнання необхідно узгоджувати машини, що працюють в їхньому складі, за основними характеристиками, насамперед, продуктивністю. Лише тоді можна отримати високі техніко-економічні показники експлуатації обладнання та найнижчу собівартість одиниці продукції.

Класичним прикладом таких технологічних комплексів є екскаватор, що працює в забої кар'єру, та самоскиди, які здійснюють процес транспортування гірської маси, яку він розробляє і завантажує на них, на борт кар'єру і далі на підприємства для її подальшої переробки. Кількість таких самоскидів, схема їхньої сумісної роботи, швидкість пересування, дальність транспортування гірської маси – усе це має забезпечити безперервну роботу екскаватора з максимальною продуктивністю.

Самоскиди HITACHI розроблені з урахуванням технологічних можливостей екскаваторів тієї ж фірми. В табл. 4.1 приведені приклади сумісної роботи самоскиду EH5000AC-3 з екскаваторами виробництва HITACHI

Таблиця 4.1 – Приклади сумісної роботи самоскиду EH5000AC-3 з екскаваторами виробництва HITACHI

Екскаватори HITACHI	EX3600-6		EX5600-6		EX8000-6	
Робоче обладнання	ЗЛ*	ПЛ**	ЗЛ*	ПЛ**	ЗЛ*	ПЛ**
Місткість ковшу***, $м^3$	22	21	34	29	43	40
Кількість циклів завантаження (кількість ковшів)	8	8	5	7	4	4

*Зворотна лопата
**Пряма лопата
***Місткість «з шапкою» за SAE

На рис. 4.1 показаний робочий момент завантаження самоскиду EH5000 AC-3 в кар'єрі екскаватором HITACHI EX8000-6.

Експлуатація самоскиду має відбуватися в умовах суворого дотримання усіх діючих правил техніки безпеки під час транспортування гірської маси в кар'єрах за допомогою автомобільного транспорту. Зокрема, в процесі руху самоскиду в режимі живлення від повітряної контактної мережі постійного струму категорично забороняється піднімати кузов машини для запобігання ураження електричним струмом.

Для самоскиду EH5000AC-3 можна замовити і встановити систему периферійного огляду Aerial Angle для розпізнавання перешкод під час руху машини та запобігання зіткнення з ними (рис. 4.2 і 4.3). Ця нова передова технологія замінила систему кругового огляду, яка раніше застосовувалася на самоскидах HITACHI. Вона визначає різні об'єкти перед самоскидом та навколо нього і подає оператору відповідні попереджувальні сигнали. Для цього на машині встановлені відеокамери та радар, що працює в міліметровому діапазоні хвиль, а в кабіні оператора передбачені можливості виведення інформації на дисплей та перемикачі видів зображень.

Система Aerial Angle має два режими роботи. В статичному режимі вона визначає об'єкти поблизу самоскиду під час виконання операцій розвантаження і навантаження гірської маси, а також на стоянці машини. При динамічному режимі роботи системи оператор попереджається про перешкоду під час руху самоскиду.

Статичний режим забезпечується шістьма різними видами огляду, показаними на рис. 4.4. Зображення, що виводяться на дисплей за допомогою відповідного перемикача (див. поз. 4 на рис. 4.2), показують простір з усіх боків самоскиду, а також вид машини зверху. Зображення для статичного режиму показуються на екрані у синій рамці. Виявлені перешкоди позначаються різними кольорами: ті, що знаходяться у безпосередній близькості від самоскиду, мають червоний колір, а ті, що далі – жовтий (рис. 4.5). Перешкоди виділяються яскравими кольорами доти, доки вони не виходять за межі екрану (тобто коли вони вже не ста-

новлять небезпеки). Коли перешкода опиняється під машиною, її колір стає червоним. Таким чином, система дозволяє оператору контролювати місцезнаходження перешкод, не виходячи з кабіни.

Динамічний режим роботи системи Aerial Angle служить для зменшення ймовірності зіткнення машини з перешкодами під час її руху переднім ходом. В цьому випадку зображення на екрані показуються у помаранчевій рамці. Перешкоди перед рухомим самоскидом та відстані до них визначаються за допомогою радару, що працює в міліметровому діапазоні хвиль. Оператор попереджається у випадку появи перед ним на невеликій відстані іншої машини (рис. 4.6). Попередження передаються у вигляді звукових сигналів та повідомлень на дисплеї. В залежності від відстані між самоскидом і перешкодою можуть бути два попередження. Система підлаштовує момент подачі попередження під фактичний стан руху переднього самоскиду. Вона визначає напрямок обертання його коліс і згідно з цим активує або відключає подачу попереджень.

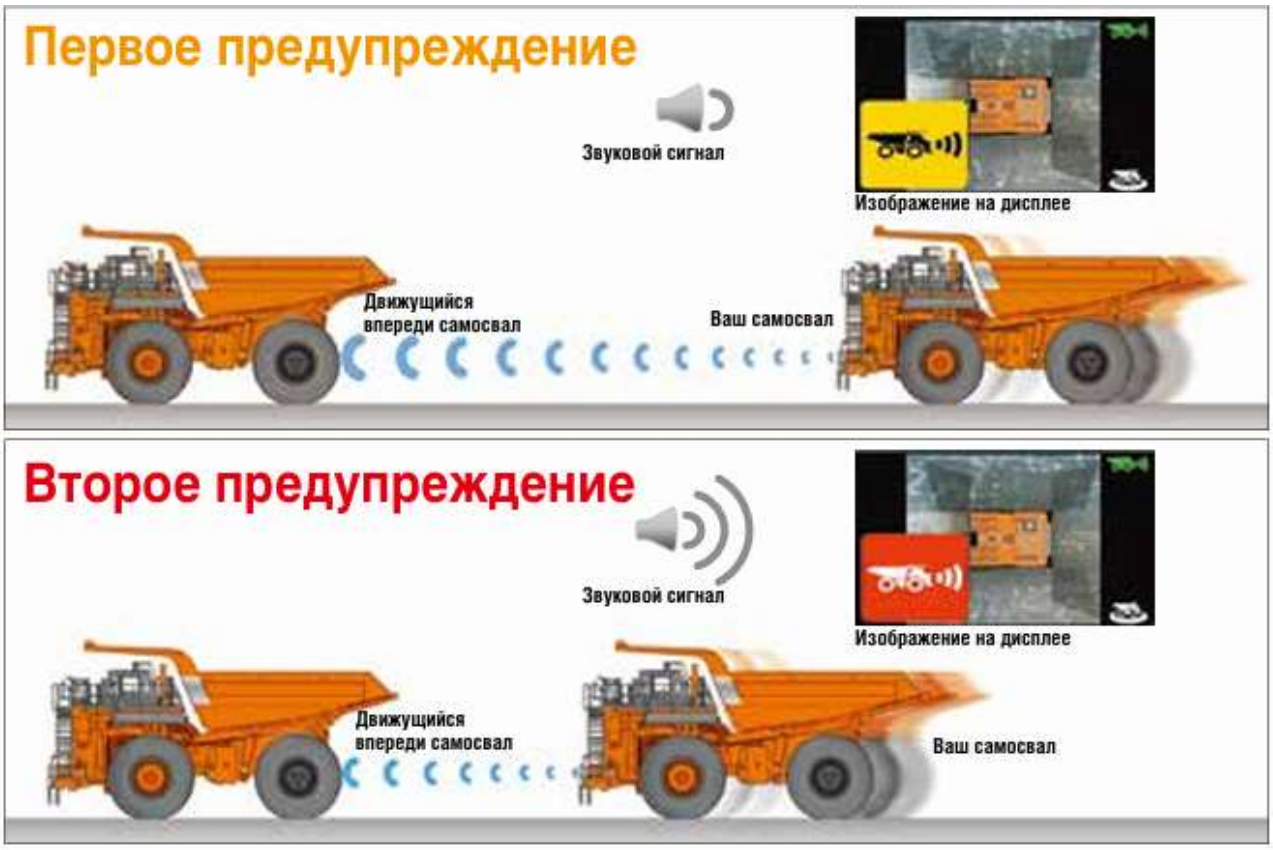


Рисунок 4.6 – Система розпізнавання перешкод перед самоскидом під час його руху

Компанія HITACHI впроваджує політику завантаження своїх самоскидів, яка забезпечує:

- високий рівень безпеки на шляхах транспортування гірської маси. Рівень завантаження самоскиду повинен гарантувати передбачені конструкцією експлуатаційні характеристики вузлів машини, насамперед рульового керування, гальм та захисту кабіни від перекидання самоскиду;

- високу продуктивність установки з оптимальною витратою палива та дотриманням швидкісного режиму, на який розрахований самоскид;

- зниження витрат на технічне обслуговування та підвищення технічної готовності машин.

На рис. 4.7 показаний графік, який рекомендує оптимальний ступінь завантаження самоскидів HITACHI. З нього видно, що більше 90% усіх завантажень машин повинні знаходитися в зоні до 110% від номінального значення. В разі надмірного розходження густини гірської маси, коефіцієнту заповнення ковшу навантажувального обладнання або розмірів ковшів допускається завантаження самоскиду в діапазоні від 110% до 120% від номінальної вантажопідйомності, якщо на даний діапазон припадає менше 10% усіх завантажень. Завантаження більше 120% від номінальної вантажопідйомності не допускається.

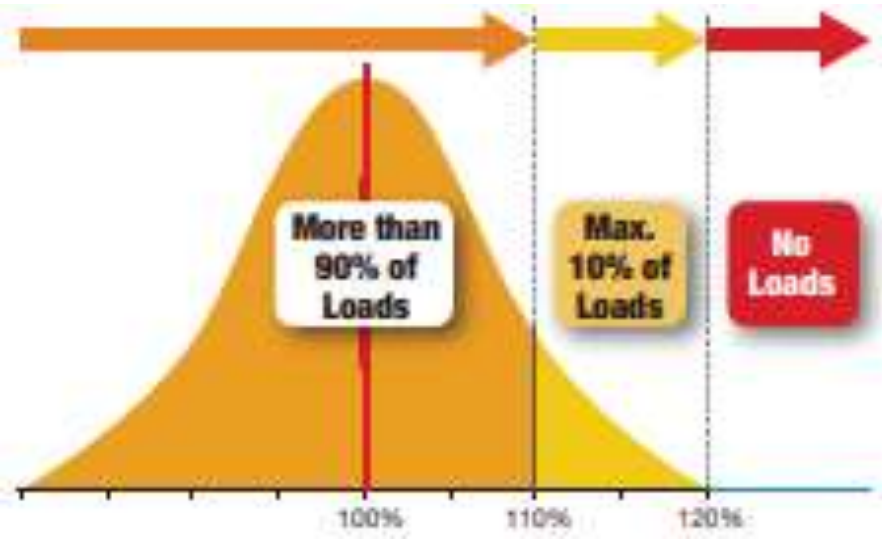


Рисунок 4.7 – Рекомендації щодо ступеня завантаження самоскиду:
– в зоні до 110% завантаження машини (по відношенню до номінального) має бути більше 90% усіх завантажень;
– в зоні між 110 і 120% – не більше 10% усіх завантажень;
– експлуатація машини в зоні більше 120% завантаження не допускається

Для успішної експлуатації транспортного засобу дуже важливим фактором є своєчасне і в повному обсязі забезпечене постачання його агрегатів та механізмів паливом та іншими експлуатаційними рідинами. На рис. 4.8 показана система швидкої заправки самоскиду цими матеріалами, а в табл. 4.2 приведені заправні ємності самоскиду ЕН5000АС-3.

Система швидкої заправки входить в стандартну комплектацію самоскиду і встановлюється з лівого боку від радіатора на висоті, що забезпечує зручний доступ до неї з рівня грунту. Система забезпечує можливість швидкого поповнення запасів охолоджувальної рідини, консистентного мастила, гідравлічного та моторного масла. Необхідні штуцера поставляються за окремим замовленням.



Рисунок 4.8 – Система швидкої заправки самоскиду експлуатаційними рідинами:
1 – гідравлічним маслом; 2, 3 – охолоджувальною рідиною;
4 – консистентним мастилом; 5 – моторним маслом

Таблиця 4.2 – Заправні ємності самоскиду ЕН5000АС-3

Найменування ємності	Місткість, л
Масляний піддон двигуна Cummins (разом з фільтрами)	260
Масляний піддон двигуна MTU (разом з фільтрами)	250

Продовження таблиці 4.2

Система охолодження двигуна Cummins	725
Система охолодження двигуна MTU	667
Паливний бак (стандартний)	2900
Паливний бак (опційний)	4950
Гідросистема	950
Система охолодження задніх гальм	170
Бортові редуктори (лівий і правий)	360
Маточина переднього колеса (лівого і правого)	24
Система охолодження шафи керування	59
Гідроакумулятор	2 x 70
Омивач вітрового скла	20

4.2 Деякі особливості технічного обслуговування самоскидів HITACHI

Для забезпечення високого рівня готовності обладнання, підвищення його надійності та довговічності в техніці використовується система технічного обслуговування і ремонтів машин і механізмів, метою якою є підтримка їхньої працездатності за рахунок максимального скорочення простоїв, що пов'язані з виникненням та усуненням відмов конструктивних елементів обладнання. Це дуже важлива, але складна і відповідальна робота, що вимагає значних витрат часу, матеріалів і коштів.

Одного лише підвищення надійності техніки недостатньо. Відмови все одно будуть виникати, хоча в разі використання більш надійного обладнання їх буде суттєво менше. Слід також намагатися максимально спрощувати та полегшувати процеси обслуговування найбільш відповідальних вузлів машини, пошуку та усунення причин появи несправностей.

Тривалість простоїв техніки може бути зменшена за рахунок використання більш швидких та надійних процедур пошуку та аналізу несправностей. Компанією HITACHI запропонована нова система контролю маси вантажу, яка відрізняється низкою переваг, дозволяючи ефективніше застосовувати наявне облад-

нання, вести більш точний облік результатів роботи окремих одиниць техніки та усього парку машин, а також порівнювати статистику роботи окремих установок з усередненими статистичними даними цілого парку. Час робочого циклу, кількість циклів та пройдена відстань можуть бути виміряні та записані для подальшого використання з метою підвищення продуктивності. Система контролю маси вантажу повністю інтегрована з системою поточного контролю машин HITACHI та графічним дисплеєм, що дає можливість виключити потенційні несправності та помилки, які часто виникають при використанні систем сторонніх розробників.

Конструкція самоскиду характеризується наявністю численних технічних рішень, розроблених для полегшення та прискорення операцій технічного обслуговування машини. В якості прикладів можна навести наступні (рис. 4.9):

- повітряні фільтри швидкого обслуговування з клапанами видалення сміття (рис. 4.9*а*). Чотири фільтра змонтовані в одному легкодоступному місці;

- відсік акумуляторних батарей і блок реле, доступні з рівня грунту (рис. 4.9*б*). Кришка відсіку акумуляторних батарей з пневматичними упорами дозволяє оператору просто і безпечно здійснювати огляд та обслуговування обладнання;

- складена сходинка для забезпечення доступу до заднього моста під час його обслуговування (рис. 4.9*в*). Сходинка і плоский сервісний майданчик підвищують безпеку та зручність обслуговування механізмів.

Спеціалістами HITACHI розроблена система контролю технічного стану машини ConSite, яка представляє собою сервісне рішення для зв'язку з машиною на робочому майданчику. Система передбачає створення щомісячних звітів щодо експлуатації з рекомендаціями, які відсилаються електронною поштою, та відправку попереджень про аварійний стан машин. Схема роботи системи показана на рис. 4.10.

До складу щомісячного звіту входять наступні відомості:

- зведена інформація про корисне навантаження самоскиду;

- зведена інформація про робочий цикл самоскиду;



а



б



в

Рисунок 4.9 – Деякі засоби полегшення технічного обслуговування машини: *а* – підвищення швидкості обслуговування повітряних фільтрів з клапанами видалення сміття; *б* – відсік акумуляторних батарей і блок реле, доступні з рівня грунту; *в* – складана сходинка для забезпечення доступу до заднього моста під час його обслуговування

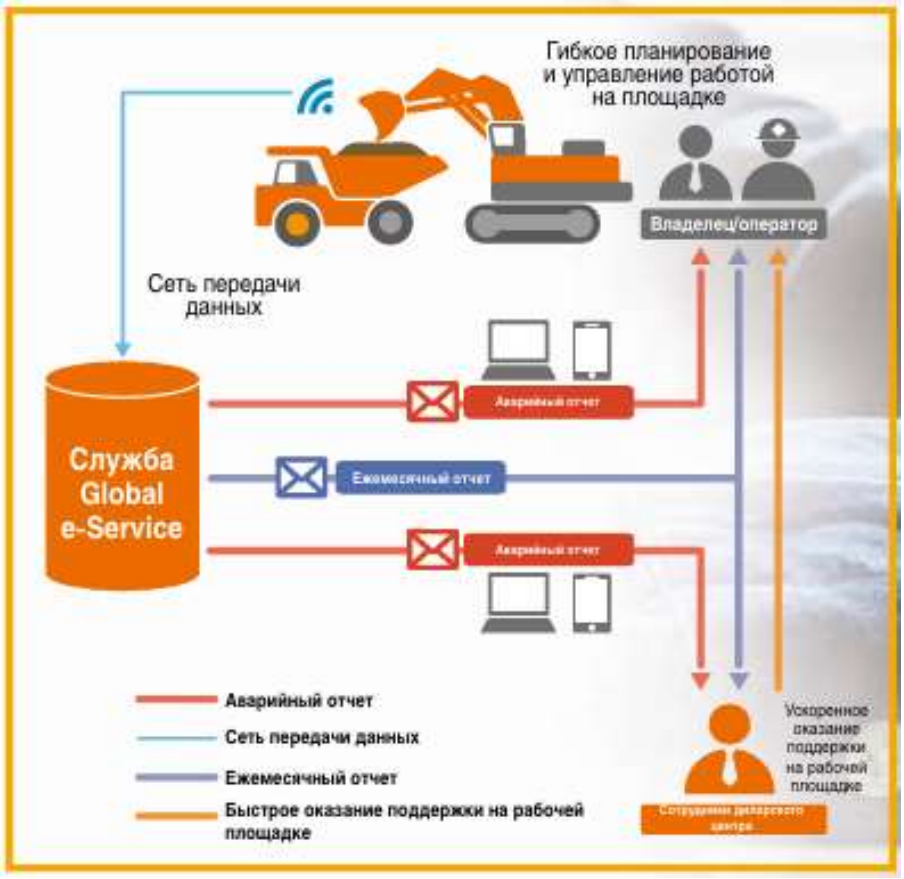


Рисунок 4.10 – Система контролю технічного стану машини ConSite

- температура вузлів та агрегатів системи тягового електроприводу змінного струму;

- витрата палива та ефективність процесу експлуатації;

- температура масла основних компонентів;

- різного роду рекомендації та коментарі.

Такі відомості допомагають в аналізі експлуатаційної ефективності машини та дають можливість покращити її робочі показники.

Аварійний звіт, який система формує та відправляє власнику техніки в разі виникнення нештатної ситуації, містить наступні відомості:

- модель машини, її серійний номер;

- показники лічильника мотогодин;

- код несправності та її назву;

- рекомендовані дії;

- місцезнаходження техніки.

Нарешті, слід згадати систему супутникового контролю техніки HITACHI, яка дозволяє відслідковувати місцезнаходження машини на робочому майданчику в режимі реального часу, отримувати інформацію про їхню завантаженість, швидкість руху, технічний стан і передавати її в інформаційний центр, службу технічного обслуговування обладнання та на комп'ютери керування виробничим процесом підприємства. Н рис. 4.11 показана схема роботи системи.

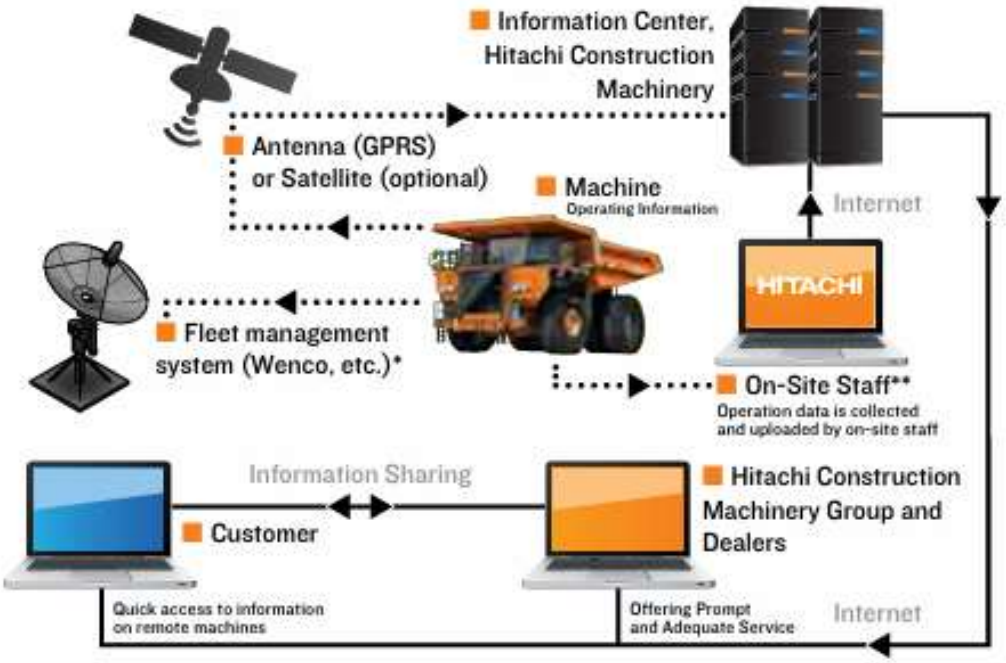


Рисунок 4.11 – Система супутникового контролю техніки HITACHI

ВИСНОВКИ

В роботі проаналізована конструкція кар’єрного самоскиду EH5000AC-3, розробленого та виготовленого японською фірмою HITACHI.

Компанія Сє визнаним світовим лідером з виробництва важкого гірничодобувного обладнання, в тому числі кар’єрних самоскидів з жорсткою рамою найвищого технічного рівня.

Установка EH5000AC-3 – найкрупніша в лінійці самоскидів фірми. Проведений аналіз її конструкції переконливо підтвердив високу репутацію самоскидів EH5000AC-3 взагалі та зазначеної моделі зокрема.

Багатий досвід спеціалістів компанії HITACHI в конструюванні кар’єрної автомобільної техніки та новітні розробки в галузі систем тягового електроприводу змінного струму забезпечили можливість створення передових технічних рішень з транспортування гірської маси, які користуються визнанням у світовій гірничодобувній промисловості. Завдяки цьому самоскиди EH5000AC-3 заслужено вважаються одними з найбільш продуктивних та надійних машини для транспортування мінеральної сировини в умовах відкритих гірничих розробок в усьому світі.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд кар’єрного самоскиду HITACHI EH5000AC-3



Рисунок 4.1 – Робочий момент завантаження самоскиду EH5000AC-3 в кар’єрі екскаватором HITACHI EX8000-6

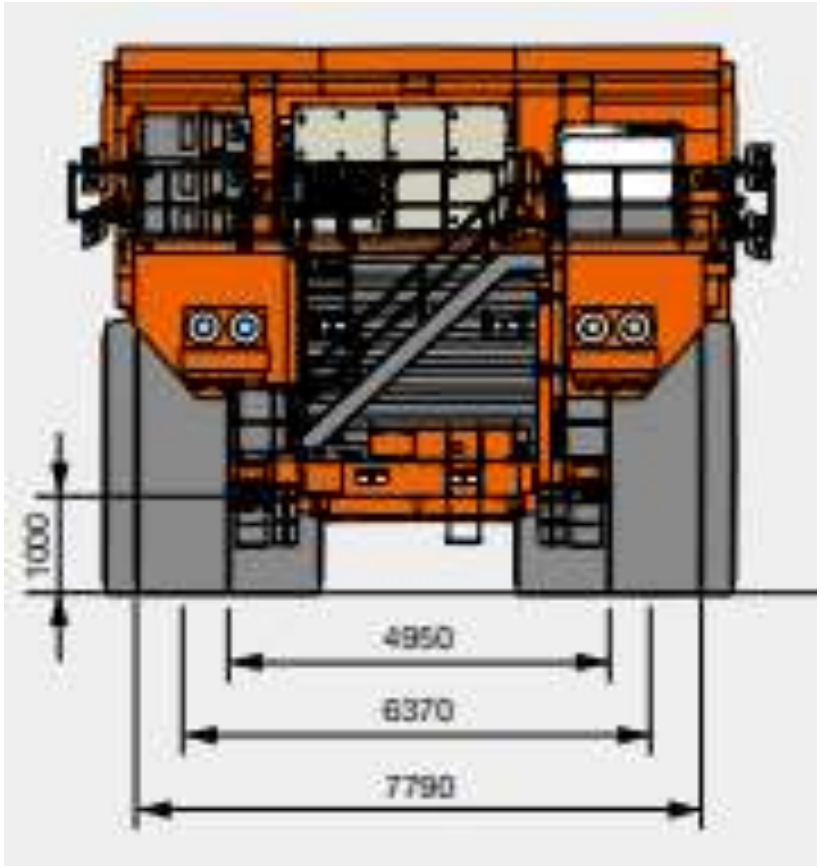


Рисунок 3.10 – Елементи комфортного керування самоскидом в кабіні оператора:
1 – просторе місце для ніг; 2, 10, 12 – підстаканники; 3 – опора для ноги; 4, 11 – сітчасті кармани; 5 – два світлодіодних плафона освітлення кабіни; 6 – задній лоток з бортами; 7 – гачок для одягу; 8 – передній карман; 9 – передній лоток з бортом; 13 – тримач для документів

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики дизельного приводу самоскида

Показники	Стандартна комплектація	Опція
Модель двигуна	Cummins QSKTTA60-CE	MTU 16V4000 C31
Тип двигуна	4-тактний дизельний двигун з модульною паливною системою Common Rail (MCR)	4-тактний дизельний двигун з системою DDEC
Система подачі повітря	з 2-ступінчастим турбонад-дувом та низькотемпературним проміжним охолоджувачем	з 1-ступінчастим турбонадду-вом та низькотемпературним проміжним охолоджувачем
Відповідність нормам токсичності відпрацьованих газів	EPA Tier 2 (США)	без сертифікації
Номінальна потужність при 1900 об/хв. за ISO 14396, кВт (к.с.)	2125 (2850)	2125 (2850)
Максимальний крутний момент при 1500 об/хв., Н·м (кгс·м)	11218 (1144)	11136 (1136)
Число циліндрів	16	16
Діаметр циліндра, мм	159	165
Хід поршня, мм	190	190
Робочий об’єм, л	60	65
Пуск двигуна	електричний, 24 В	електричний, 24 В

На додаток до перерахованих двигунів також додається силовий агрегат стандарту Tier 4



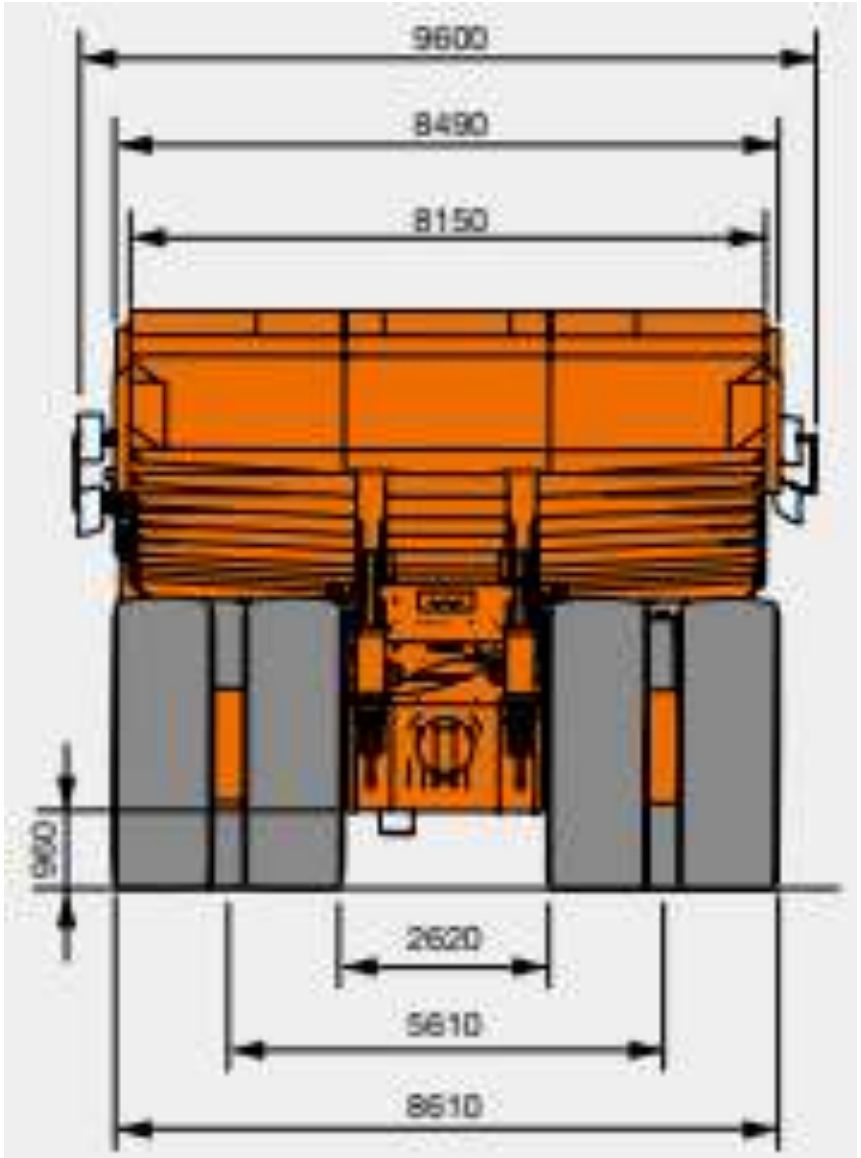


Рисунок 2.2 – Габаритні розміри самоскиду ЕН5000АС-3. Продовження (види спереду і ззаду)



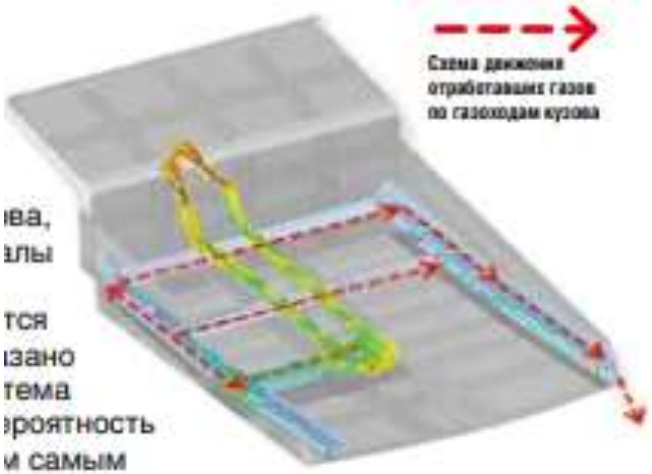
а



б



в



г

Рисунок 3.8– Види кузовів HITACHI для самоскиду EH5000AC-3:
а – стандартний; *б* – для перевезення вугілля (опція); *в* – для перевезення залізної руди (опція);
г – кузов з підігрівом (схема руху відпрацьованих газів по газоходах кузова показана червоною пунктирною лінією)



Рисунок 4.2 – Система Aerial Angle для розпізнавання перешкод з метою підвищення рівня безпеки самоскиду: 1 – розташування відеокамер (4 шт.); 2 – розташування радару, що працює в міліметровому діапазоні хвиль; 3 – дисплей камери системи Aerial Angle; 4 – перемикач режимів зображення; 5 – головний вимикач



а



б



в



г



д



е

Рисунок 4.4 – Види зображення простору навколо машини на дисплеї кабіни оператора в статичному режимі роботи: *а* – вид широкого огляду плюс вид назад; *б* – вид широкого огляду; *в* – вид середнього огляду; *г* – вид ближнього огляду; *д* – вид наліво плюс вид широкого огляду; *е* – вид широкого огляду плюс вид направо



а



б



в



г



д

Рисунок 4.5 – Можливість розпізнавання перешкод навколо нерухомого самоскиду:
а – об’єкт знаходиться далеко; *б* – об’єкт наближається; *в* – на екрані дисплею відображається форма об’єкту;
г – об’єкт знаходиться під самоскидом; *д* – в разі виходу об’єкту за межі виду направо режим відображення змінюється видом ближнього огляду і з’являється червона смуга

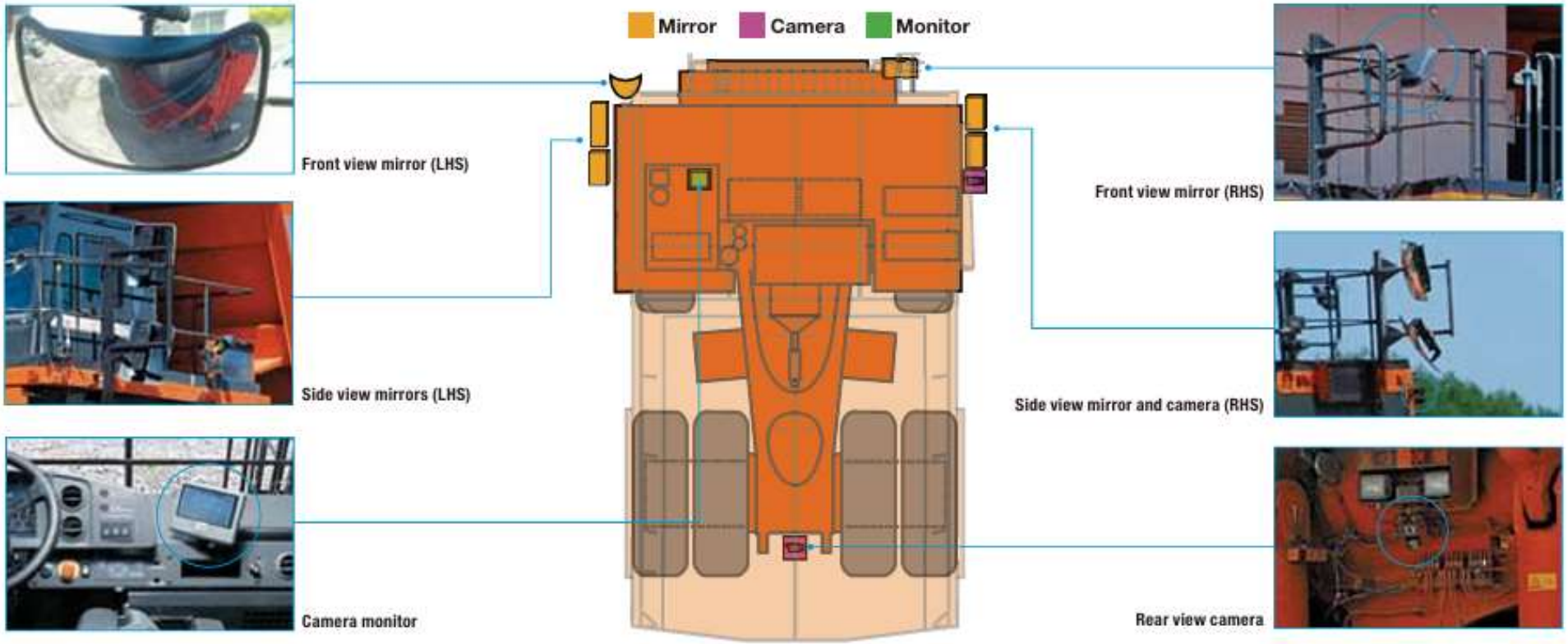


Рисунок 4.3 – Схема розташування дзеркал та відеокамер на самоскиді ЕН5000АС-3:
1 – дзеркало переднього виду (ліве); 2 – дзеркала бічного виду (ліві); 3 – монітор системи;
4 – дзеркало переднього виду (праве); 5 – дзеркало та відеокамера бічного виду (праві); 6 – камера заднього виду

Лист регистрации изменений

Изм	новых				Всего листов (страниц) в	№ документа	Входящий номер сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	изъятых					