

## ВСТУП

Мобільність сучасних гірничих машин є запорукою ефективності їх застосування у складних гірничо-геологічних умовах видобувних підприємств відкритого та підземного видобутку корисних копалин. Але через великі габарити та вагу маневреність таких машин є невисокою, навіть їх пересування може бути проблемою, особливо на м'яких ґрунтах.

Серед відомих конструкцій ходових механізмів одним з найбільш уживаних для гірничих машин є гусенивий хід. Такий хід забезпечує достатньо рівномірне розподілення навантаження від ваги машини та, відповідно, невисокий тиск на ґрунт. Зокрема така велика поверхня прилягання гусениць до ґрунту дозволяє знизити тиск на ґрунт до 30-50 кН/м<sup>2</sup>, та може забезпечити швидкість до 50-80 км/год.

Гусеничний хід використовується як опорно-ходовий механізм, а іноді і як механізм подачі завдяки перевагам перед іншими типами рушіїв, що полягають, перш за все, у хороших тягово-зчіпних якостях та забезпеченні порівняно невисоких тисків на ґрунт, а також досить добра курсова стійкість.

Спектр гірничих машин, на яких застосовується гусенивий привод, досить великий – від великогабаритних важких машин з малою швидкістю пересування, таких як роторні та вскришні екскаватори, до досить мобільних швидкісних невеликою вагою машин. Характерною особливістю гусенивого ходу гірничих машин є відносно невелика швидкість пересування – від 0,1 до 7 м/с.

Як недоліки гусенивого ходу можна вказати велику металоємність та підвищений опір руху.

Завдяки своїм перевагам гусенивий хід використовується на багатьох типах гірничих та транспортних машин, що видобувають та транспортують гірську масу і, відповідно до цього, до ходу висувається низка вимог, що можуть суттєво відрізнитися у залежності від призначення самої машини.

**Метою роботи** є аналіз конструкцій, режимів роботи та експлуатаційних параметрів гусенивого ходу гірничих машин.

Инь. № подп.	Подп. и дата
Инь. № дубл.	Взам. инв. №
Инь. инв. №	Подп. и дата
Инь. № подп.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ

Лист
1

**Об'єкт досліджень** – процес роботи гусеневого ходу гірничих машин.

**Предмет дослідження** – параметри гусеневого ходу гірничих машин.

Инв. № подл.	Подп. и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ	Лист
						2

# 1. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВУЗЛА ГІРНИЧОЇ МАШИНИ

## 1.1. Загальні відомості про гусеневий хід

Гусенева ходова система призначена служити для забезпечення руху машини і перетворення обертального моменту, що підводиться від двигуна до приводних колес, на дотичну силу тяги, а також для підтримки рами машини. Гусенева ходова система складається з гусеничного рушія та підвіски. Перші дві функції виконуються двома гусеничними рушіями, які розташовані по обидва боки машини, а остання - підвіскою, що з'єднує рушії з рамою. Гусеничний рушій на відміну від колісного забезпечує пересування машини не безпосередньо ґрунтом (ґрунті), а по проміжній замкнутій гусеничній стрічці - гусеничному ланцюгу (гусені). Гусінь має значно більшу опорну поверхню, ніж площа контакту колеса, та забезпечує невеликий тиск машини на ґрунт (0,025...0,07 МПа). На опорній поверхні гусениці є ґрунтозачеми, що підвищують її зчеплення з ґрунтом. Внутрішня поверхня гусені є твердим гладким шляхом, яким опорні ролики котяться з меншим опором, ніж колеса ґрунтом. Усе вище перелічене забезпечує гусеневій машині високі тягові якості при значно меншому буксуванні її рушіїв, прохідність по м'яких і вологих ґрунтах, менші втрати потужності на самопересування, а отже, більшу економічність її роботи. [21, 28, 31, 32]

У роботі [27] наведено наступні основні вимоги до гусеничного ходу:

- 1) забезпечення високої прохідності по м'яких ґрунтах (болото, сніг, пісок), долаття підйомів до 30-35 ° і різного роду природних і штучних перешкод (рови, пороги, ескарпи і контрескарпи, неглибокі водойми та ін.) ;
- 2) високий ККД;
- 3) достатня довговічність;
- 4) мала вага і габарити при достатній міцності, довговічності та надійності;
- 5) простота та технологічність конструкції, зручність обслуговування та ремонту в польових умовах, мінімум регулювань та експлуатаційного обслуговування.

Переваги гусеничного рушія [27]:

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ	Лист

- подолання перешкод, підвищена прохідність у порівнянні з колісним, навіть багатовісні багатопривідні колісні машини в цьому відношенні також поступаються гусеничним;

- забезпечує значно кращу маневреність машини (найменший радіус повороту дорівнює або навіть нулю у машин із двопотоковими МПП);

Недоліки гусеневого рушія:

- порівняно низький ККД;
- невисока довговічність;
- порівняно високий опір руху.

Швидкості пересування гірничих машин на гусеновому ході зазвичай визначається їх масою та габаритами, що визначають інерцію машини та її частин.. Так швидкість екскаваторів на гусеничному ході, як правило, сягає 2,4 км/год для кар'єрних, 0,24 км/год для розкривних лопат; 0,72 км/год (12 м/хв) для багатоківшових екскаваторів малої потужності та 0,48-0,18 км/год (8-3 м/хв) для потужних багатоківшових екскаваторів [23-26].

Величина тиску на ґрунт визначаються призначенням машини і досягають максимальної величини, що дорівнює 0,42 МПа у кар'єрних лопат, тоді як у розкривних лопат вони не бувають більше 0,35 МПа. Роторні та ланцюгові екскаватори мають меншу величини тиску, що не перевищує 0,12 МПа у розкривних та 0,2 МПа у видобувних машин [23-26].

Підйоми, що долаються гусеничними екскаваторами, зазвичай не перевищують 7° у потужних машин і 12° - у машин малої та середньої потужності, що визначається технологічними вимогами їх експлуатації.

Розглянемо класифікацію гусеничного ходу та коротко охарактеризуємо основні його різновиди [23-26].

Класифікація гусеничного ходу [23-26]:

1) За способом передачі тиску на ґрунт

- багатоопорний гусеничний хід має відношення числа опорних ланок (траків), що лежать на землі, до катків, що спираються на них, ведучих і направляючих коліс менше двох (рис. 1.1, а). У цьому випадку ланки між опорними котками майже не прогинаються і забезпечують рівномірний тиск на ґрунт як під

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ	Лист
						4
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

катками, так і між ними. Застосовується на гірничих машинах, що переміщуються породами зі слабкою несучою здатністю. На слабких породах менше мірою занурюється в ґрунт. Зазвичай обладнані шістьма - вісьмома котками невеликого діаметру.

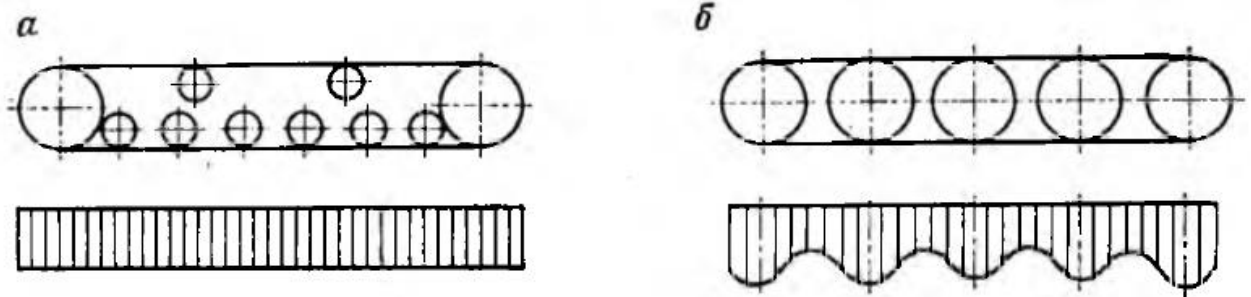


Рис 1.1 – Типи гусеничного ходу за способом передачі тиску на ґрунт [23-26]: а – багатоопорна; б – малоопорна

- малоопорний гусеничий хід має відношення числа опорних ланок (траків), що лежать на землі, до катків, що спираються на них, ведучих і направляючих коліс більше двох: ланки легко прогинаються між катками, згинаючись у шарнірах і утворюючи хвилясту лінію, при цьому створюється значна різниця між тисками під катками та між ними (рис. 1.1, б). Застосовується на гірничих машинах, що переміщуються міцних породах. Добре переносить зосереджені навантаження, що виникають при роботі машини на скельних породах. На слабких породах більше занурюється в ґрунт. Зазвичай обладнані чотирма-п'ятьма котками великого діаметра.

2) За типом кріплення опорних візків:

- з жорстким кріпленням (рис 1.1 а, б, рим 1.2, а). Погано пристосовуються до нерівностей ґрунту

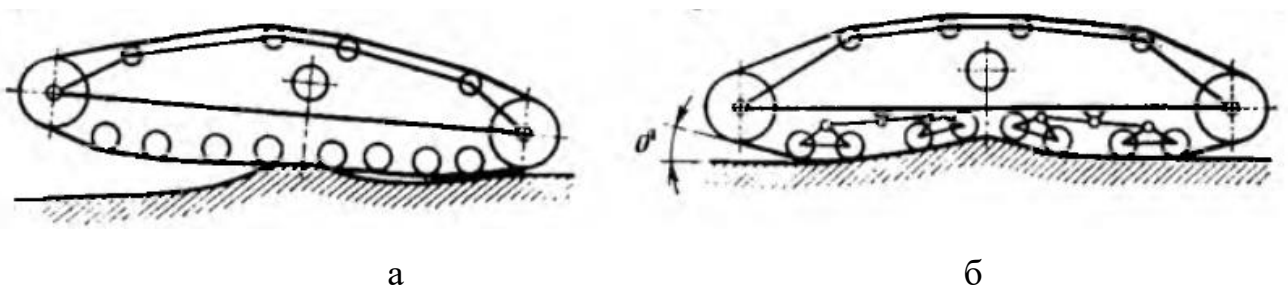


Рис. 1.2. - Типи гусениць за кріпленням візків [23-26]: а – жорсткі; б - м'які

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

- з м'яким кріпленням(рис 1.2 б). Добре пристосовуються до нерівностей ґрунту

3) За способом зачеплення ведучого колеса зі ланками гусені [22]:

- цівкове зачеплення (рис 1.3, а), ведучим елементом у якому є зуб колеса, а веденим - цівка ланки. Радіус докладання окружного зусилля на ведучому колесі практично збігається з радіусом кола, яким розташовуються шарніри ланок ланцюга;

- гребкове зачеплення (рис 1.3, б), в якому ведучим є зуб або ролик ведучого колеса, а веденим - гребінець на внутрішній поверхні ланки. Радіус докладання окружного зусилля на ведучому колесі є суттєво меншим за радіус кола, яким розташовуються шарніри ланок ланцюга.

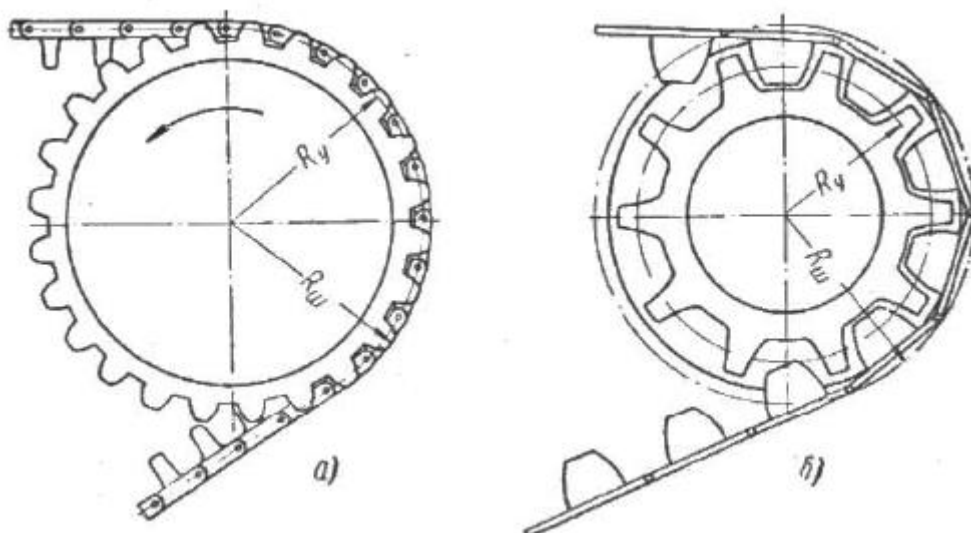


Рис 1.3 - Способи зачеплення ведучого колеса зі ланками гусені [22]: а –цівкове; б - гребневе

4) За розташуванням напрямних коліс [27]

-з піднятими напрямними колесами;

-з несучими напрямними колесами;

5) за розташуванням приводних коліс

-з переднім розташуванням провідних коліс (рис 1.4, в, г);

-із заднім розташуванням провідних коліс (рис 1.4, а, б);

6) За типом підтримки ланцюга:

- підтримуючими котками (рис 1.4, а, в);

Підп. і дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Підп. і дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

- без підтримуючих котків (рис 1.4, б, г);

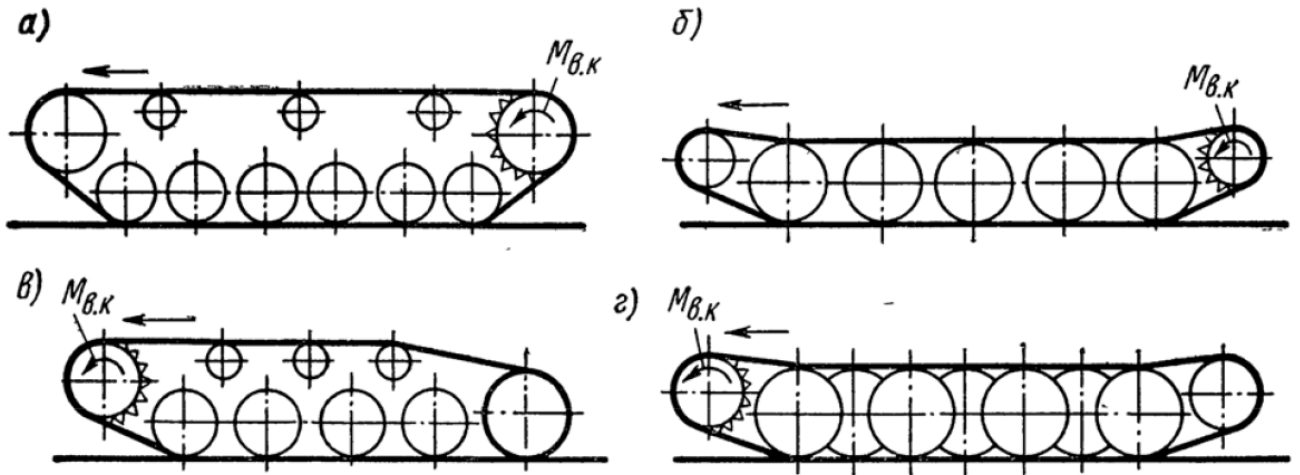


Рис 1.4 – Типові схеми гусеневого ходу [3]

7) За типом шарніру гусені [27]:

- з гумово-металевими шарнірами
- з відкритим шарніром
- з голчастими підшипниками.

Середній питомий тиск на ґрунт для гірничих машин залежить від ваги машини та площі контакту гусеней. Більшість машин мають 0,04-0,06 МПа. Для гусеничних машин середнього та важкого класів (30-50 т) тиск становить 0,08-0,082 МПа. При великих значеннях тиску настає різке зниження несучої здатності ґрунту та прохідності машини. Гусеничні машини особливо високої прохідності повинні мати тиск у межах 0,015-0,020 МПа. Епюра оптимального розподілу усереднених питомих тисків на ґрунт повинна мати вигляд прямокутника (рис. 1.5, а) [27].

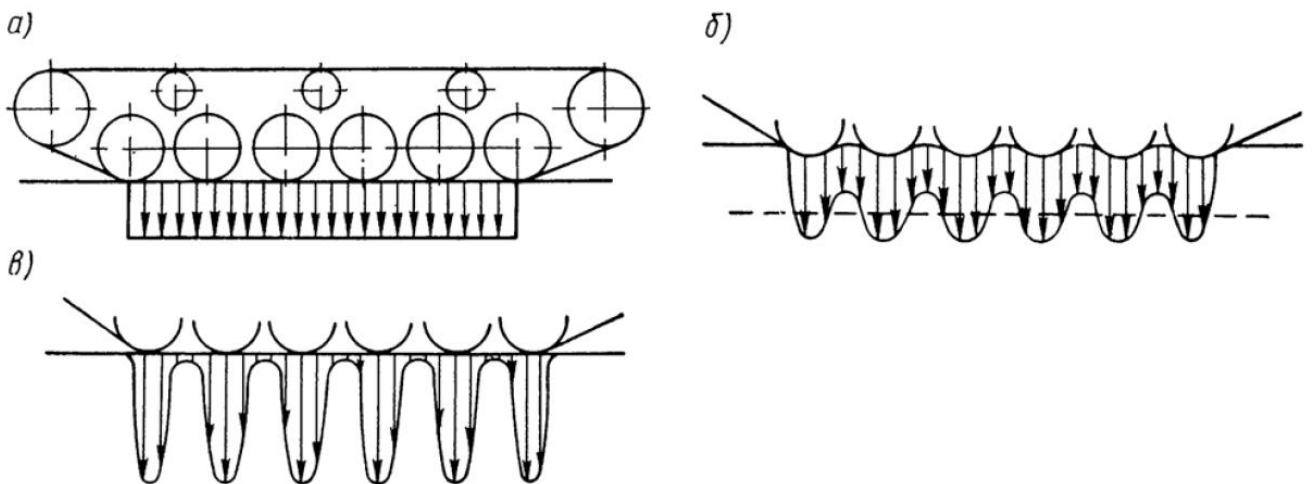


Рис 1.5 – Питомий тиск на ґрунт [27]

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ

Прохідність машини залежить також від розподілу істинного тиску на ґрунт по довжині гусениці. Чим більший діаметр опорних котків і більше їх число, тим більш рівномірно розподіляються тиски по довжині опорної поверхні гусениці. На м'якому ґрунті внаслідок його більшої деформації під опорними котками частина навантаження сприймається гусеницею між катками. Розподіл тисків у своїй більш рівномірний (рис. 1.5, б), ніж твердому ґрунті (рис. 1.5, в) [27].

Найкращим рішенням у цьому плані є схема ходової частини із шаховим розташуванням опорних котків великого діаметра (рис. 1.4, г). Однак це рішення має суттєві недоліки: значне зростання ваги ходової частини (у тому числі й підвіски, оскільки зростає кількість ресор) та незручність обслуговування та ремонту у польових умовах [27].

Прохідність машини на слабких ґрунтах залежить також від співвідношення сил опору руху та зчеплення гусениць з ґрунтом, яке визначається осадкою машини в ґрунт (глибиною колії). Остання, у свою чергу, при рівних питомих тисках залежить від співвідношення ширини гусениці і довжини опорної поверхні [27].

При ширших гусенях зменшується осадка в ґрунт в порівнянні з вузькою гусеницею витіснення ґрунту з неї в сторони, і прохідність по слабких ґрунтах покращується. Однак значне підвищення площі гусені важко реалізувати, по-перше, внаслідок обмеження габаритної ширини машин за умовами залізничних перевезень по-друге, при збільшенні ширини траку знижується ККД, що підвищує динамічні навантаження та знос, тому для роботи деяких типів гусеничних машин в особливо важких умовах рекомендується застосування тимчасових уширювачів гусениць [27].

Вузька, але більш довга гусениця при рівних умовах забезпечує менші опори двигуна в звичайних умовах [27].

ККД рушія залежить від типу та конструкції шарнірів гусеничних ланцюгів, від розташування ведучих коліс, від конструкції зачеплення гусениці з ведучим колесом, від ваги гусениці, тобто від величини динамічного її натягу, що визначає втрати на тертя в шарнірах [27].

Ив. № подп.	Подп. и дата
Ив. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Ив. № подп.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ



Вищий ККД і більш високу прохідність мають гусені з гумово-металевим шарніром, ще вище - з голчастими підшипниками в шарнірі. Але у перших і тим більше у других вага виходить більше і конструкція складніша [27].

Втрати на тертя в шарнірах менші при розміщенні ведучого колеса в кормовій частині машини (рис. 1.4, а, б) в порівнянні з носовим його розташуванням, тому що при цьому кількість шарнірів гусениці, навантажених тяговим зусиллям, і точок їх перегину зменшується. Не навантажена у разі верхня передня гілка гусениці, як і має місце у схемах на рис. 1.4, в, г [27].

Довговічність рушія визначається в основному зносостійкістю шарнірів гусеничних ланцюгів та зачеплення їх з провідним колесом. Гусениці з відкритим металевим шарніром мають найнижчу зносостійкість. Термін служби її не перевищує здебільшого 2000—3000 км. Гусениці з гумометалевим шарніром можуть забезпечити термін служби до 5000-8000 км, гусениці з голчастими підшипниками - кілька десятків тисяч км [27].

Розглянемо компоновання ходової системи. При компонованні ходової системи гусеничної машини спочатку складається компоновальна схема, вибираються її основні елементи та параметри, а потім ведеться конструктивне опрацювання та розрахунок вузлів, що входять до цієї схеми. До гусеничного рушія належать такі основні вузли ходової системи: гусеничні ланцюги, ведучі колеса, опорні ковзанки, що підтримують ковзанки (або ролики), механізм натягу гусениць [27].

Основні компоновальні схеми, що знайшли застосування в швидкохідних гусеничних машинах, наведено на рис. 1.4 [27].

Схеми на рис. 1.4, а і б мають заднє розташування ведучих коліс. У схемах на рис. 1.4, в і г провідні колеса розташовані в носовій частині корпусу. У схемі на рис. 1.4, в направляюче колесо опущене на ґрунт, у цьому випадку воно має бути обов'язково підресореним. Очевидно, що ця схема може бути реалізована при передньому розташуванні ведучих коліс. Перевага її полягає у збільшенні площі опорної поверхні гусениць при тій же вазі ходової частини, що дає, як відомо, зниження питомих тисків, поліпшення прохідності машини, але при цьому знижується здатність машини до подолання перешкод на задньому ході [27].

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ	Лист
						9

Схема на рис. 1.4, г має велику кількість опорних котків великого діаметру, розташованих у шаховому порядку [27].

За наявності опорних котків великого діаметра і відсутності підтримуючих котків (рис. 1.4, б і г) рушій має меншу висоту, покращуються умови роботи гумових шин. Однак під час руху з великими швидкостями верхня гілка гусениці починає здійснювати значні вертикальні коливання, що б'є по опорних катках, створює у рушії великі динамічні навантаження та збільшує втрати. Для швидкохідних машин найбільш прийнятною, як правило, є схема, показана на рис. 1.4, а (як із заднім, так і з переднім розташуванням ведучого колеса) [27].

При виборі розмірів опорних котків напрямних та ведучих коліс, слід пам'ятати, що більше їх діаметр, тим менше кути повороту в шарнірах гусениці, тобто тим менше втрати енергії у яких і вище довговічність гусениці [27].

Кліренс машини задля забезпечення хорошої прохідності вибирається не більше 400—500 мм. Кути між похилими гілками гусениць та дорогою, а також висота розташування осі напрямного (або переднього ведучого) колеса вибираються з умови кращого забезпечення подолання перешкод у межах компонування корпусу [27].

## 1.2 Існуючі конструкції гусеневого ходу гірничих машин

Проаналізуємо реалізацію гусеневого ходу у відомих конструкціях гірничих машин, а саме у бурових верстатах для відкритих гірничих робіт, екскаваторах, бульдозерах та тракторах.

Гусеневий хід УГ-60 (рис. 1.6) бурового верстату типу СБШ складається з двох гусеничних візків 1, сполучених двома осями 2.

Ив. № подп.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

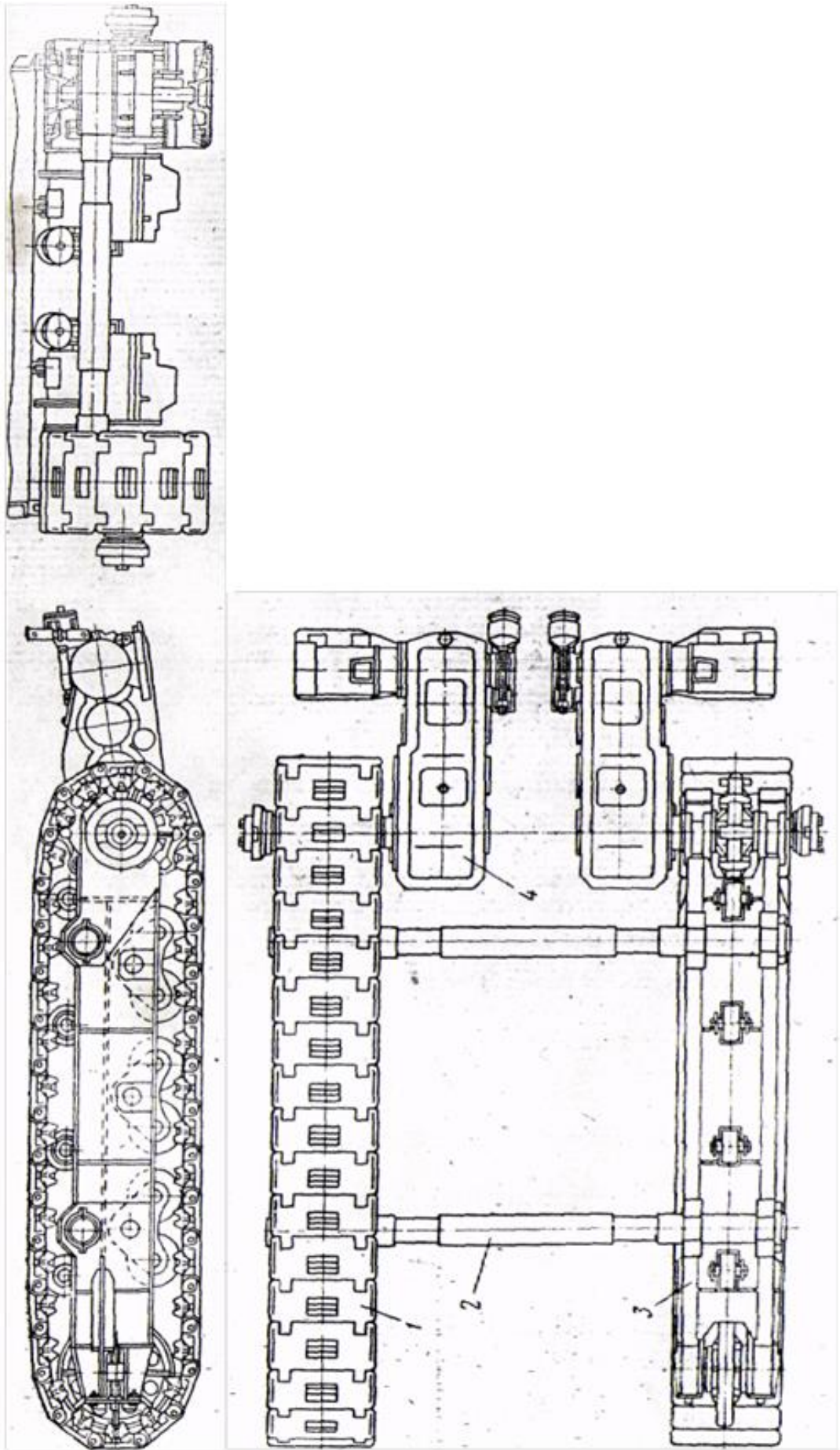


Рис 1.6 – Гусеневий хід УГ-60 верстату СБШ [22-26]

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Сам візок складається з гусеневої стрічки і рами 3, в якій змонтовані на осях приводне і відоме колеса, підтримуючі і опорні катки з балансирами. Ступінь натягнення гусеничних стрічок регулюється натягувальними пристроями [22-26].

Привод 4 гусениці складається з чотирьохступінчастого бортового редуктора РХ-9 і електродвигуна МТКВ 412-8. Для гальмування гусеней служать електромагнітні гальма типу ТКП-300 [22-26].

Гальмування здійснюється колодками, що стискаються пружиною за допомогою важелів. Розтиснення колодок при переїзді здійснюється електромагнітом, що долає зусилля пружини. Включення електромагніту проводиться одночасно з включенням двигуна ходу [22-26].

Незалежність приводу кожної гусені дає можливість проводити поворот верстата на малій площі [22-26].

Ходовий візок екскаватора ЕКГ-8 та ЕКГ-10 (рис 1.7) встановлений на 8-ми опорних колесах, з яких 4 колеса більшого діаметру 19 встановлені в центральній частині гусеничних рам. Вісі опорних коліс 7 закріплені в гусеничних рамах від випадання і провертання шпонками 5. Колеса на вісях кріпляться хомутами 6 [17, 18, 22-26].

У прямокутних вікнах передньої частини гусеничних рам розташована натяжна вісь 23 [17, 18, 22-26].

У задній частині гусеничних рам на провідних валах 18 встановлені провідні колеса 17. Ведучі, опорні і натяжні колеса огинаються двома гусеничними ланцюгами 25. Кожна мета складається з 31 гусеничної ланки, сполученої між собою пальцями. Натягнення гусеничних ланцюгів -производиться гідравлічним домкратом. Для регулювання натягнення ланцюгів передбачивши набір прокладок 21. Прокладки утримуються від випадання упорами 22 [17, 18, 22-26].

У підшипникові вузли опорних і натяжних коліс заливається рідке мастило. Для утримання передбачені торцеві контактні ущільнення. Ущільнююче кільце 9 притискається до торця колеса пружинами, створюючи щільне з'єднання [17, 18, 22-26].

Ив. № подп.	Подп. и дата
Ив. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Ив. № подп.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ	Лист
						12

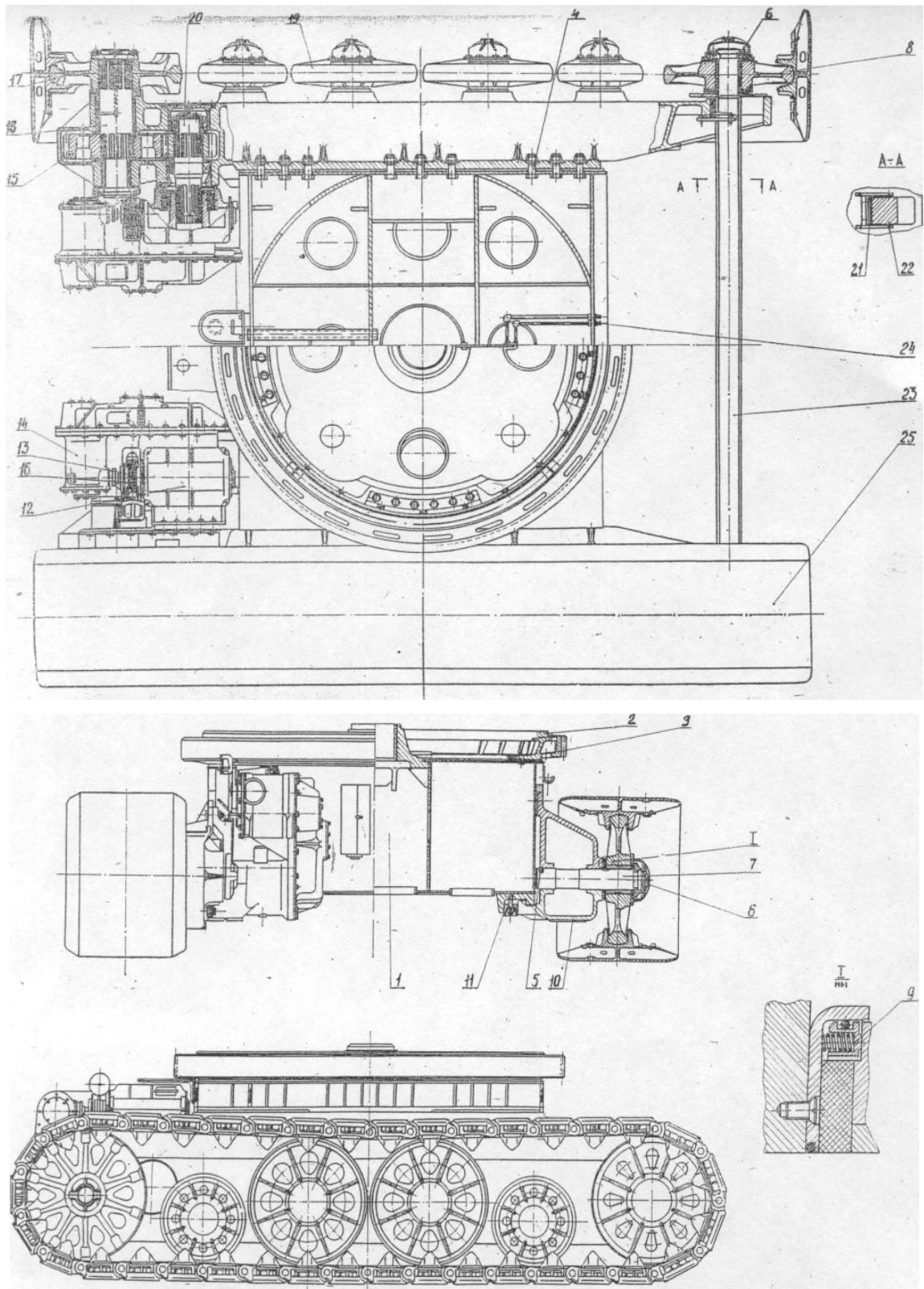


Рис.1.7 - Ходовий візок екскаваторів ЕКГ-8, ЕКГ-10 [17, 18, 22-26]: 1 - нижня рама, 2 - кільцева рейка, 3 - зубчатий вінець, 4 - болт, 5 - шпонки, 6 - хомут, 7 - опорне колесо, 8 - колесо натяжне, 9 - ущільнюоче кільце, 10 - гусенична рама, 11 - клин, 12 - електродвигун, 13 - гальма, 14 - редуктор, 15 - бортова передача, 16 - еластична муфта, 17 - колесо, 18 - ведучий вал, 19 - колесо, 20 - вал, 21 - набір прокладок, 22 - упор, 23 - натяжна вісь, 24 - пристрій для змащення; 25 - гусеничі ланцюги

Поп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Поп. и дата

Инв. № подл.

Ли Изм. № докум. Подп. Дат

КНУ.РБ.133.24.143с.01 ПЗ

Лист

13

Гусеничний хід приводиться в рух механізмами ходу, кожен з яких включає електродвигун 12, гальмо 13 редуктор 14 і бортову передачу 15 гусеничної рами [17, 18, 22-26].

Гусеничний хід бульдозера CAT D7R (рис 1.8) має ходову частину з піднятою зірочкою, що забезпечує оптимальний баланс для максимальної продуктивності за будь-яких умов. Перевірена на практиці конструкція забезпечує чудову продуктивність машини та збільшений термін служби компонентів [11].

Ударні навантаження від навісного обладнання та нерівностей ґрунту передаються головну раму. За рахунок цього забезпечується захист та збільшення терміну експлуатації бортових редукторів, мостів та компонентів системи повороту. Конструкція з піднятим провідним колесом забезпечує чудовий огляд відвалу, а також робочого майданчика зліва, справа та позаду машини. Тим не менш, центр тяжіння машини як і раніше має низьке розташування, що забезпечує чудову стійкість, розважування та тягове зусилля [11].

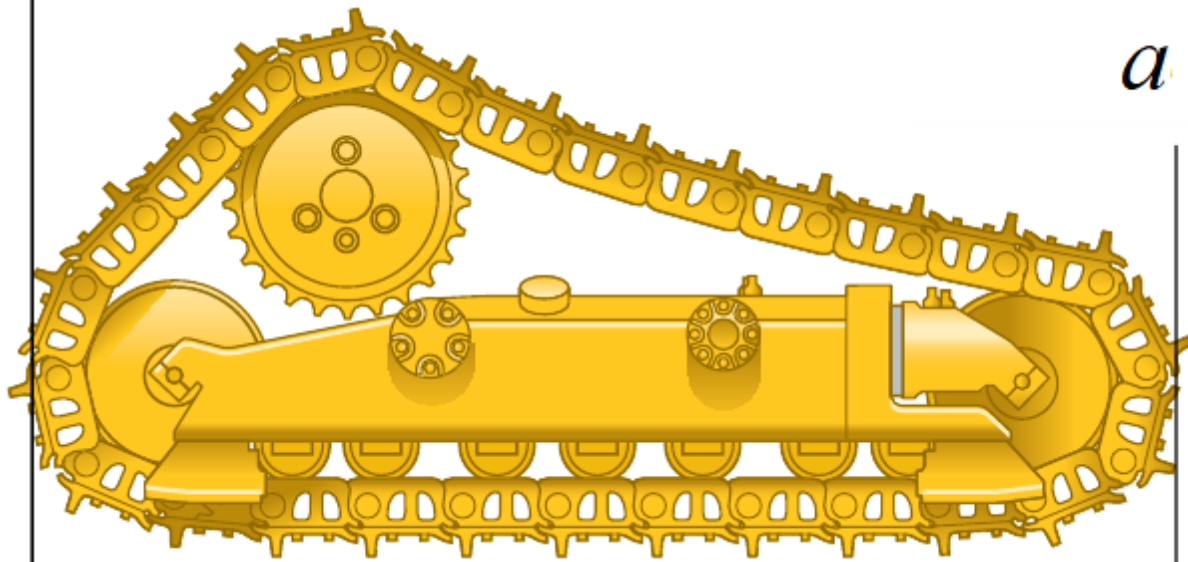
Компоненти стандартної посиленої ходової частини мають збільшений термін служби під час роботи в умовах абразивного зносу або підвищених ударних навантажень, наприклад, при роботі на схилах, скелястій або пересіченій місцевості. Посилена гусенична стрічка забезпечує покращене проникнення в ґрунт. Передня та задня кромки кожного черевика гусеничної стрічки перекривають розташовані поруч черевики. За рахунок цього збільшується міцність та термін служби компонентів [11].

Передбачено три комплектації ходової частини [11]:

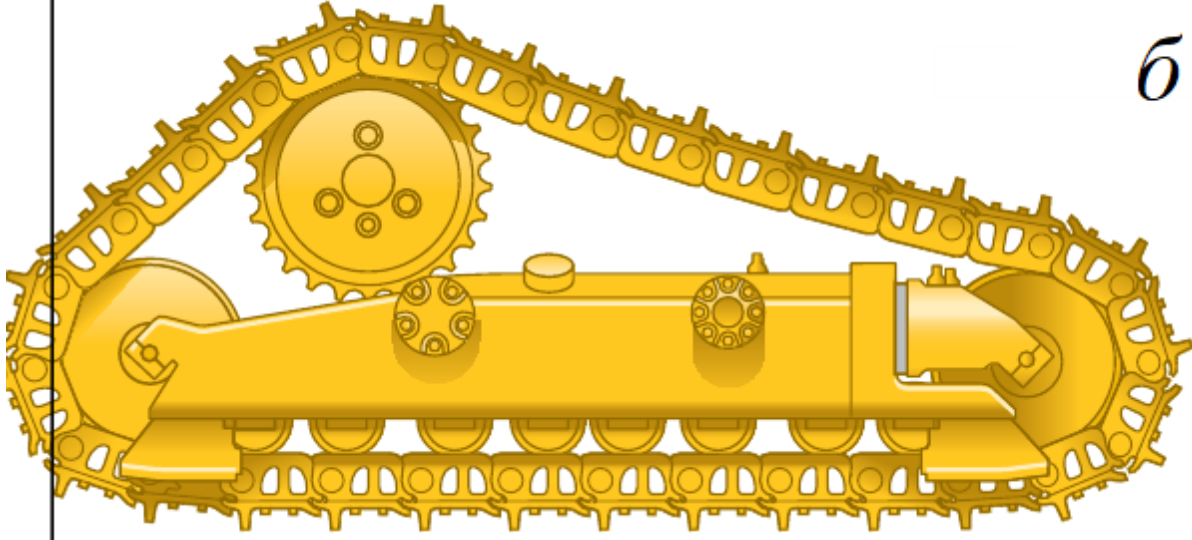
- стандартна комплектація (рис 1.8 а)– універсальна ходова частина, яка забезпечує добрі характеристики під час виконання різних робіт на твердій поверхні.
- Комплектація XR (рис 1.8 б)– гусеничний візок зміщений назад, що зміщує загальна вага бульдозера вперед. Це збільшує зчеплення та стійкість при використанні тягово-зчіпного пристрою, при трелюванні та розпушуванні.

Ив. № подп.	Подп. и дата
Ив. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Ив. № подп.	

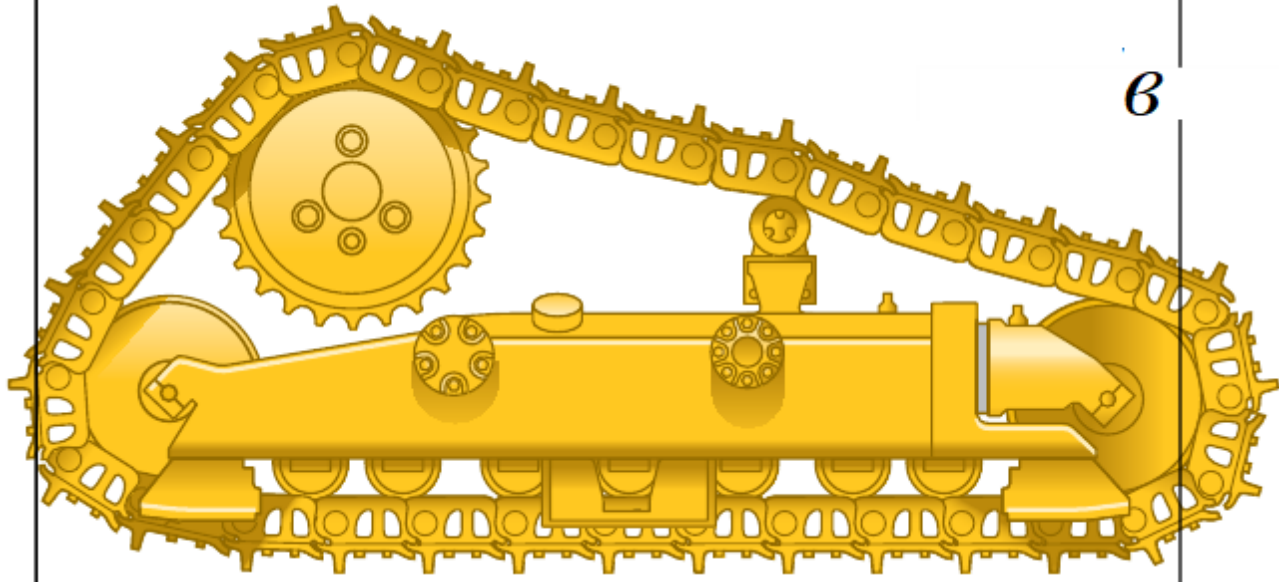
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----



а



б



в

Рис 1.8 – Гусеневий хід бульдозера D7R [11]: а - стандартна комплектація б - комплектація XR; в - комплектація LGP

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

- Комплектація LGR (рис 1.8 в)– спеціально спроектована для роботи на м'якому, вологому ґрунті. Широкі гусениці, довгі гусеничні рами та ширша колія збільшують площу контакту гусениці і зменшують тиск на ґрунт для збільшення стійкості та забезпечення відмінної плавучості під час роботи на заболочених ділянках.

Бульдозер Liebherr PR 764 (рис 1.9) має катки, що гойдаються під час роботи на нерівній поверхні (рис 1.10). Таке гойдання котків гусеней дозволяє покращити зчеплення за рахунок збільшення площі контакту гусеней з ґрунтом. Крім того еластична підвіска котків ефективно поглинає поштовхи та вібрацію [12].

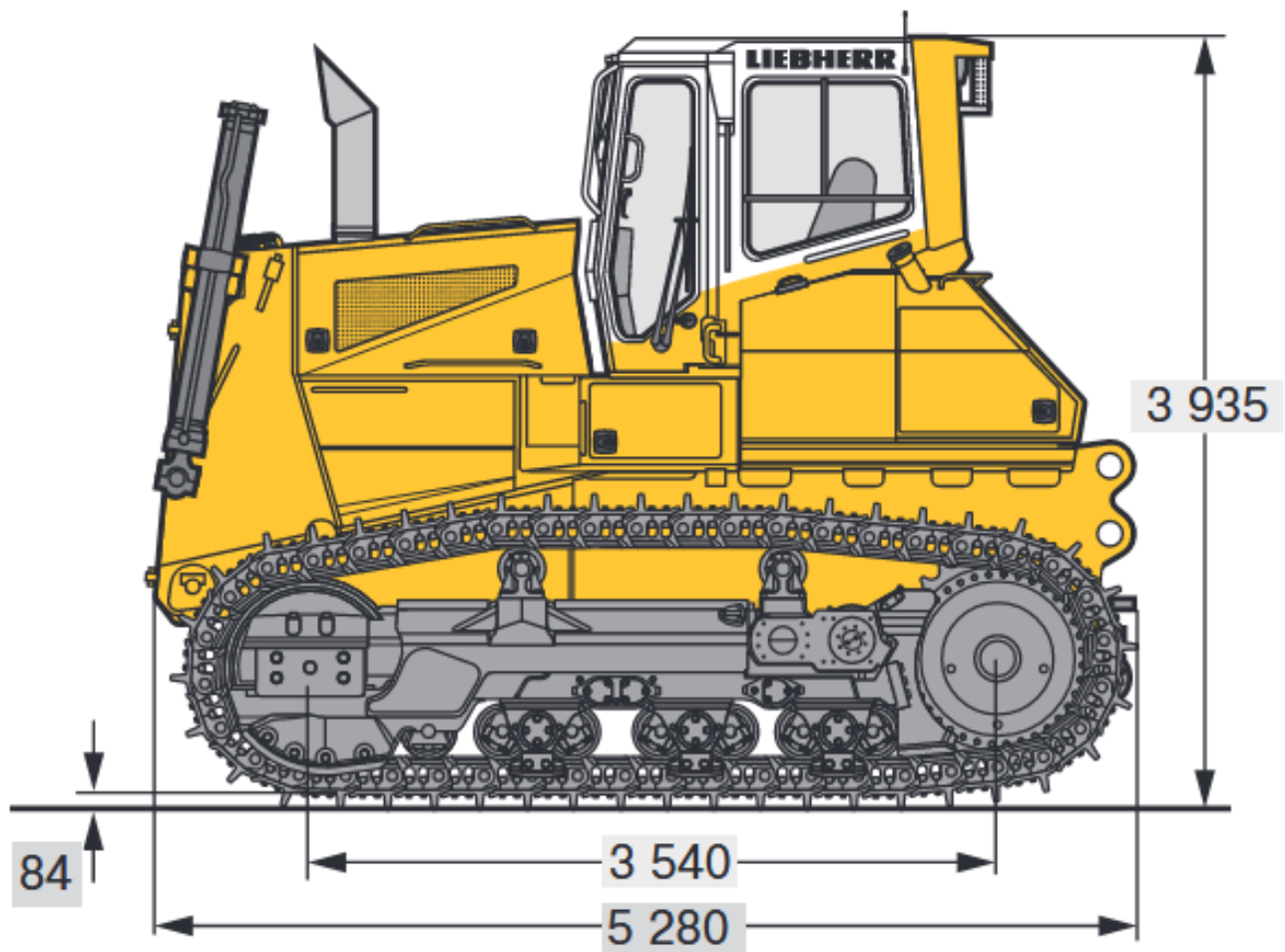


Рис 1.9 – Бульдозер Liebherr PR 764 [12]

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат





Рис 1.10 – Опорні катки бульдозеру Liebherr PR 764 [12]

Розглянемо більш конструкції гусенового ходу тракторів, що мають, зазвичай, більш м'яку підвіску.

Тракторні гусеневі рушії роблять різної конструкції (рис. 1.11, а та б). Вони складаються з гусениці, ведучого колеса (зірочки), направляючого колеса, опорних роликів і опорних котків, що встановлюються на рамі або на спеціальних каретках, іноді застосовують амортизатори [13].

Ине. № подп.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Ине. № дубл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

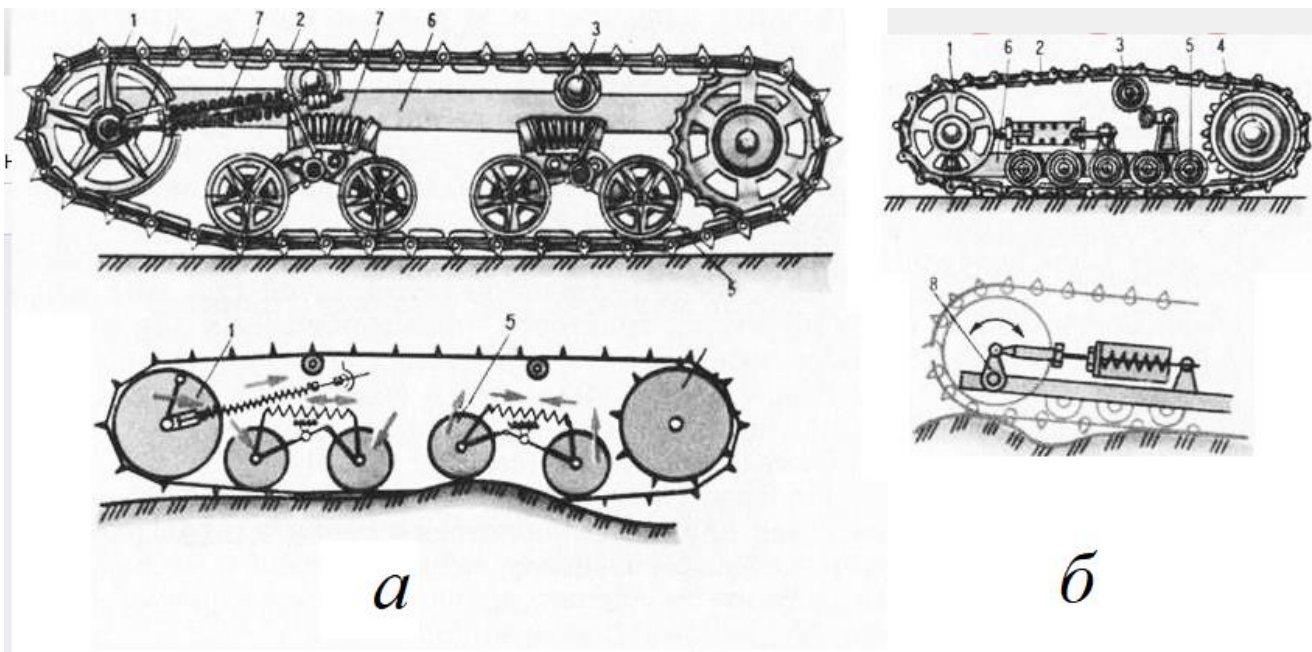


Рис. 1.11. Гусеневі рушії тракторів [13]: а, б - типи рушіїв; в, г, д - типи гусениць; 1 - напрямне колесо; 2 - гусінь; 3 - підтримуючий ролик; 4 - провідне колесо; 5 - опорний каток; 6 - рама; 7 - пружина (амортизатор); S - важіль; 9-палець; 10 - металева втулка; 11 - резинометалічна втулка (шарнір); 12-гайка; 13-стопорне кільце.

Гусінь - основна частина рушія. Вона є замкненою металевою стрічкою, що складається з окремих ланок, шарнірно з'єднаних між собою пальцями [13].

Ланки відливаються із зносостійкої сталі. У тих випадках, коли гусінь робиться вузькою (200 мм), що необхідно для тракторів, призначених для роботи у вузьких міжрядях, питомі тиски на вуха гусені та на пальці різко зростають. У цьому випадку в вуха ланок гусені запресовують змінні розрізні втулки [13].

Пальці, що з'єднують ланки гусениць, виготовляють із сталі або біметалічного прокату з поверхневим шаром з високозносостійкої сталі та утримуються від осевого зміщення шайбами зі стопорними кільцями, гайками або шплінтами [13].

Експериментами встановлено, що з невеликих швидкостях руху (3,5...5 км/год) натяг гусениці не змінюється [13].

Але вже при діапазоні швидкостей від 5 до 9 км/год натяг збільшується в 1,5 рази, а при 9...15 км/год – майже в 3 рази [13].

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Підтримуючі ролики встановлюють зменшення провисання верхньої гілки гусениці (рис 1.11) [13].

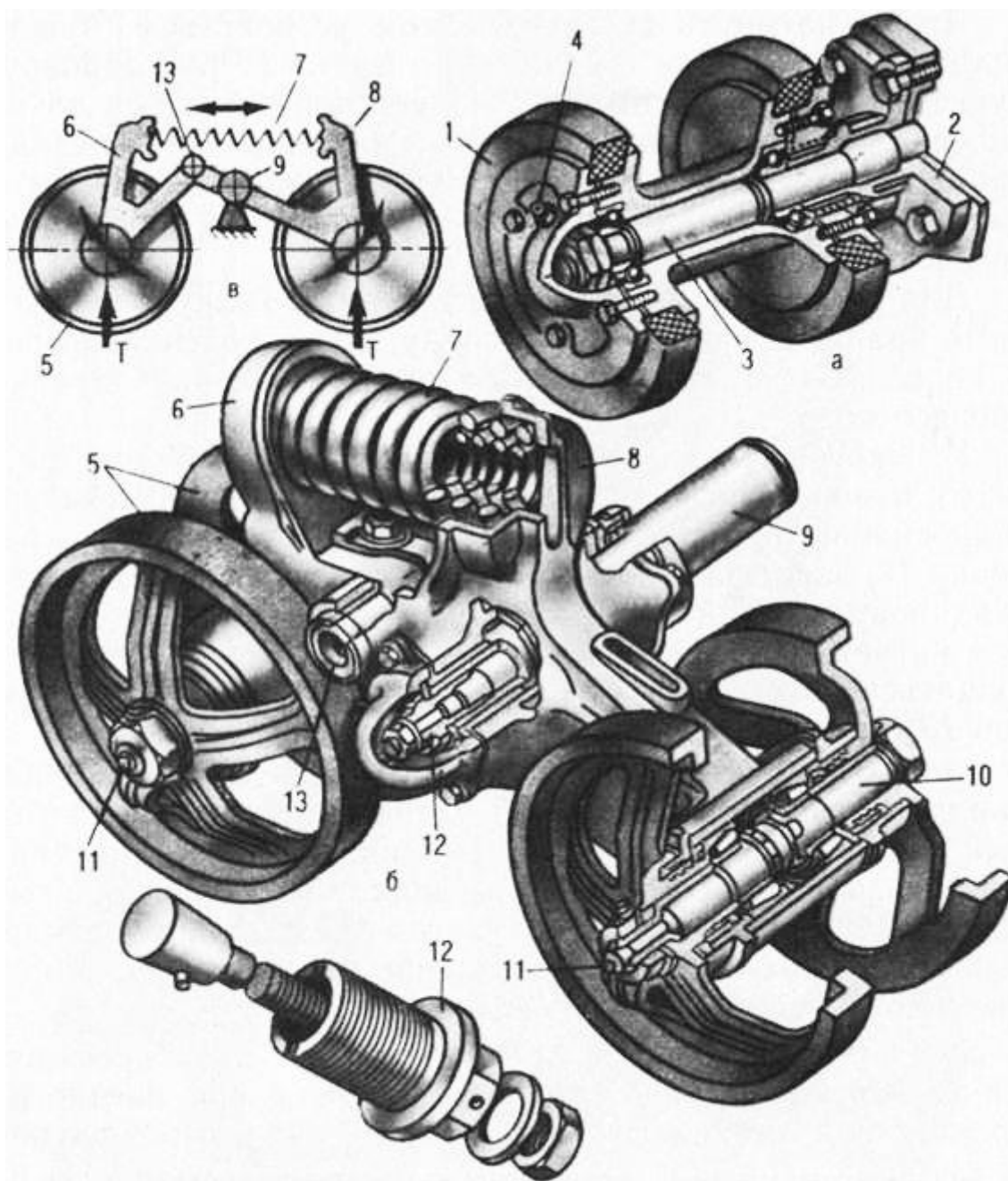


Рис. 1.11 - Частини гусеничного рушія [1]: а-підтримуючий ролик; б - каретка; в - схема дії каретки; 1-бандаж; 2 - кронштейн; 3, 10, 13 - осі; 4, 11 - пробки; 5 - опорні ковзанки; 6,8 - балансири; 7 - пружини; 9 - цапфа; 12 - цангова гайка.

Залежно від довжини гусениці з кожної сторони трактора встановлюють один або два ролики [13].

Ролик обертається на двох кулькових підшипниках на осі (рис. 1.11 а), укріпленій на кронштейні, який встановлений на рамі трактора. Підшипники

Підп. і дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Підп. і дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

змащуються рідким маслом, що заливається в маточину через отвір, що закривається пробкою [13].

Инв. № подл.	Подп. и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ	Лист
						20

## 2. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ГУСЕНЕВОГО ХОДУ ГІРНИЧИХ МАШИН

### 2.1. Аналіз приводних коліс

Приводні колеса під дією підведеного обертального моменту змушують перемотуватися гусені, що знаходяться в зачепленні з ними, а самі гусені знаходяться вже безпосередньо у контакті з ґрунтом. Приводні колеса призначені для перемотування гусеней під час руху гірничої машини та створення сили тяги, яка забезпечує пересування машини. [32]

Приводні колеса класифікують [32]:

- За місцем розташування у гусених рушіях:
  - заднє,
  - середнє з високо піднятими приводними колесами. У цьому випадку гусений набуває трикутної форми; переднє та заднє напрямні колеса стають опорними, що значно підвищує площу контакту гусениць з ґрунтом, збільшуючи тягові якості та прохідність машини.
- За способом виготовлення (рис 2.1):
  - суцільнолиті. Зубчастий вінець і маточина ведучого колеса виконуються як єдине ціле. Кріпиться привідне колесо 1 зазвичай або до фланця 2 вихідного валу кінцевої передачі (рис. 2.1,а), або безпосередньо на його шліцевому кінці 2 (рис. 2.1,б);
  - складові. Зубчастий вінець 1 (рис. 2.1, б) виготовлено зі спеціальних хромонікелевих або хромованадієвих сталей за допомогою болтового з'єднання закріплюється на маточині 2 менш дефіцитного матеріалу. Така конструкція колеса більш ремонтпридатна і дешевша в експлуатації.
- За конструктивним виконанням вінців:
  - одновінцеві (рис 2.1, а, б, в). Мають переважне застосування на машинах, переважно малої та середньої потужності. Вони простіше за конструкцією і краще забезпечують самоочищуваність від частинок ґрунту, що прилипають.

Ив. № подп.	Подп. и дата			
Ив. № дубл.	Взам. инв. №			
Подп. и дата	Подп. и дата			
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

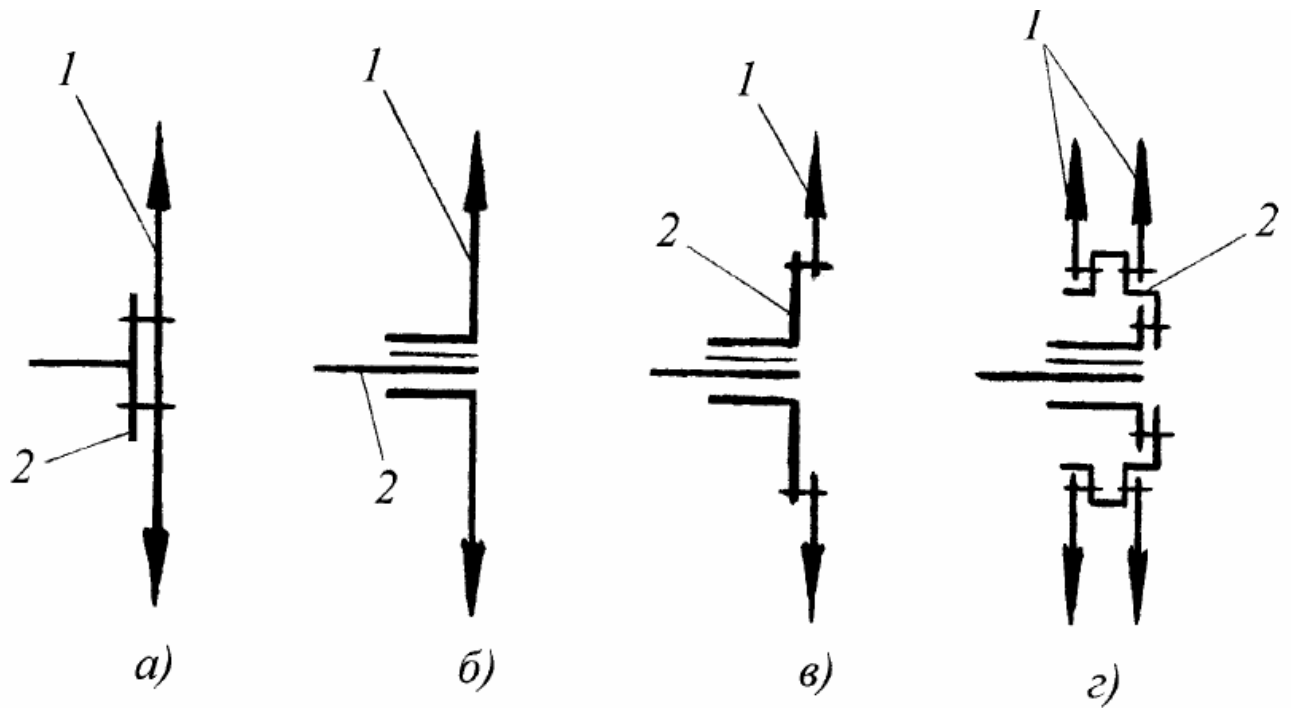


Рис. 2.1 - Конструктивні схеми приводних коліс гірничих машин [32]: 1 – зубчастий вінець; 2 - маточина.

- двовінцові, з суцільним вінцем і складовим, що складається з набору сегментів. Виконуються складовими (рис. 2.1, г); зубчасті вінці 1 закріплюються на проміжній маточці 2. Їх застосовують в основному на потужних промислових машинах. Забезпечують більш стійке положення широких гусеничних ланок на приводному колесі, але вимагають спеціальних пристроїв, що запобігають їх забиванню ґрунтом.

- За типом зачеплення з гусенинню:

- з цівковим зачепленням (рис. 2.2 а). Є найрозповсюдженішим видом через простоту виготовлення;
- з гребневим зачепленням (рис. 2.2 б). На приводному колесі виконуються профільні виїмки 1, які при його обертанні входять гребені 2, виконані на внутрішній поверхні гусеничної ланки. Зважаючи на складність виготовлення профільної поверхні виїмок ведучого колеса, гребневе зачеплення має обмежене застосування.

Инь. № подп.	Подп. и дата
Инь. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инь. № подп.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

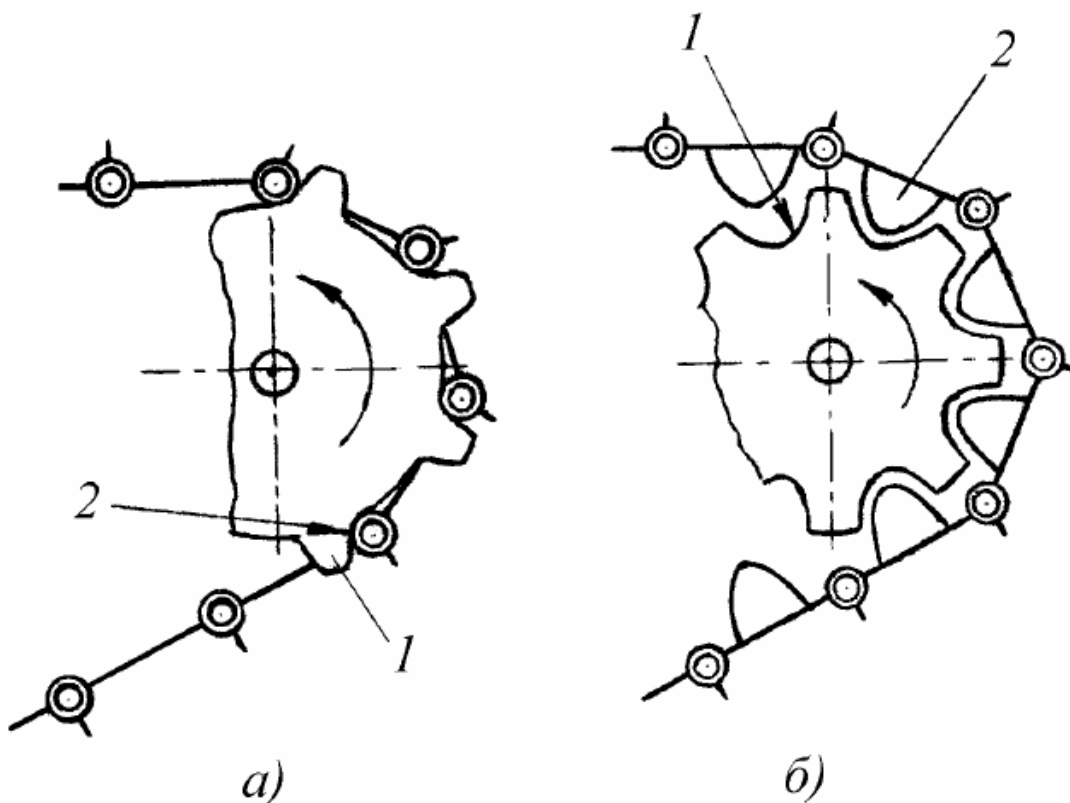


Рис. 2.2 - Схеми зачеплення приводних коліс з гусінню [32] а – цівкове; б – гребеневе

## 2.2. Аналіз гусених ланцюгів

Гусеневі ланцюги складається з окремих ланок – траків, що поєднані шарнірами. Самі траки виготовляються штампованими, литими чи збірними [22].

Робоча поверхня траків може виконуватися гладкою, ребристою чи комбінованою. В останньому випадку траки мають гладку опорну поверхню, а при необхідності можуть бути обладнані знімними шпорами [22].

Вибір типу траків залежить від особливостей місцевості та величини тягових доходів. Для гірничих машин, побудованих для твердих і рівних ґрунтів, слід застосовувати в основному гладкі траки. Наявність шпор викликає значне зростання питомого тиску на ґрунт та високих місцевих напружень, що призводить до втрати несучої спроможності ґрунту та руйнування шляху. Застосування ребристих траків є вимушеним результатом, характерним для роботи машини з нестійкої липкої та сипкої основи [22].

Попл. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Попл. и дата

Инв. № подл.

Ли Изм. № докум. Подп. Дат

Шарніри, що поєднують траки складаються з пальців, які у з'єднанні фіксуються шплінтами або стопоряться кільцевими пружинами. Шарніри ланок є найслабшими місцями гусеничного ланцюга, оскільки працюють за важких умов [22].

Напряме колесо (лінивець) служить для спрямування та створення необхідного натягу гусеничного ланцюга; воно розташоване, як правило, в передній частині гусеничного ходу, тобто в кінці неробочої гілки гусениці. Натяг гусеничного ланцюга здійснюється або шляхом переміщення осі лінивця в горизонтальних напрямних, або шляхом повороту спеціального колінчастого валу, на якому насаджений лінивець. У навантажувальних машинах в основному використовується перший спосіб. Натяжний пристрій може бути жорстким або амортизуючим; в останньому випадку натяг створюється регульовальним болтом через -пружину, що амортизує, яка пом'якшує ударні навантаження при наїзді машини на перешкоди і оберігає гусеничний ланцюг від обриву [22].

Натяг ланцюга повинен забезпечувати нормальне зачеплення зубців ведучого колеса зі ланками. Провисання гусеничного ланцюга викликає шкідливі биття і підвищений знос як ланок, і зубів зірочки. З іншого боку, надмірний натяг підвищує тертя в шарнірах, веде до передчасного зносу вузлів і додаткових втрат потужності. Найвигідніше натяг гусеничного ланцюга характеризується деякою оптимальною величиною провисання ланцюга між підтримуючими роликками, що зазвичай приймається в межах відстані між осями підтримуючих роликів [22].

Зазвичай на гірничій машині встановлюють рушій із двома гусеницями. Існують конструкції багатьма гусенями. Гусені служать для створення великої опорної поверхні, що забезпечує необхідний тиск на ґрунт при значній вазі машини і надійне зчеплення його з ґрунтом, а також для створення нескінченних рейкових шляхів для перекочування опорних катків рушія і перетворення обертання моменту, що підводиться до приводних коліс, в силу тяги, що переміщає машину. [32]

Гусені класифікують[32]:

- За типом загальної конструкції
- традиційні, що з окремих металевих шарнірно з'єднаних ланок;

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ	Лист
						24
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		



- монолітні гумоармовані;
- За конструктивним виконанням металевих ланок
  - складові
  - суцільнолиті;
- За типом бігової доріжки опорних котків
  - рейкові
  - пласкі;
- За типом шарніра
  - закритий;
  - відкритий;
  - пружний (гумометалевий).

Складальна ланка гусені рейкового типу з піднятим закритим шарніром (рис. 2.3, а) складається з двох окремих штампованих щік (рейок) 6 і 7 дзеркальної конфігурації, що з'єднані втулками 11 і пальцями 12 опорної профільної плити 8 (башмака) і з шайбами 9 і гайками 10. Оброблені механічно і термічно щоки 6 і 7 мають два отвори: великий для запресування втулки 11 і малий для сполучного пальця 12 ланок. На внутрішній обробленій площині щоки у малого отвору зроблена невелика кільцева виточка А (рис. 2.3, б) [32].

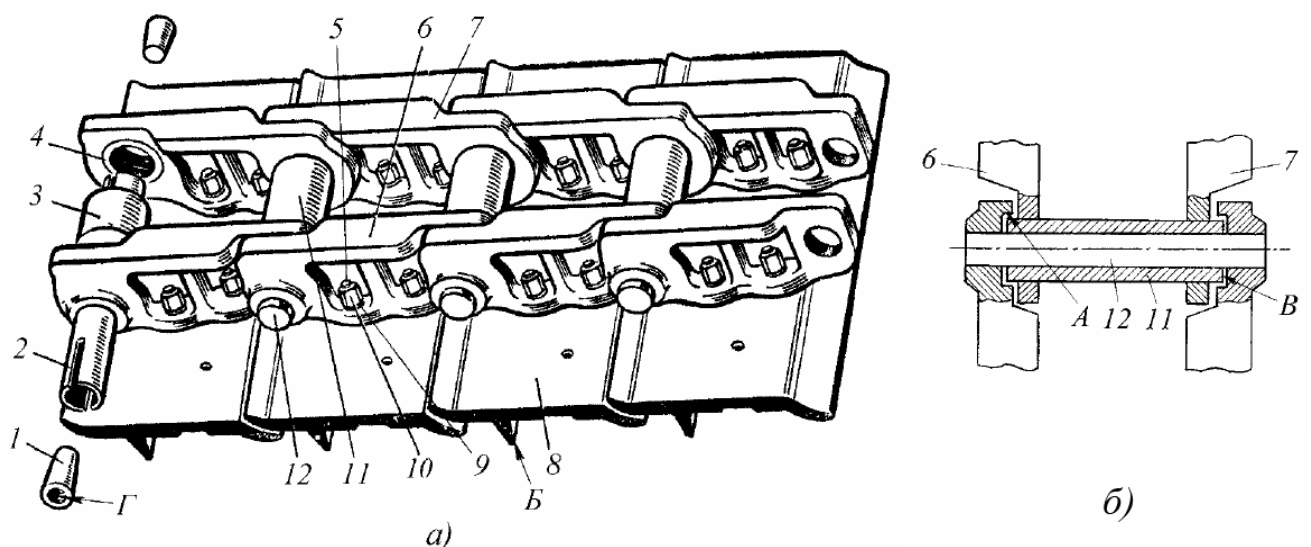


Рис. 2.3 - Складна гусениця рейкового типу з піднятими закритими шарнірами [32]

Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № подл.
Ли	Изм.	№ докум.
Подп.	Дат	

До нижньої поверхні кожної пари щік за допомогою болтів 5, гайок 10 і стопорних шайб 9 кріпиться черевик 8 з поперечним ґрунтозацепом Б, виконаний із сталі фасонного профілю. Шарніри рейкових ланок зазвичай закритого типу і піднесені над поверхнею черевика. У закритому шарнірі виступаючі кінці втулок 11 входять в кільцеві виточки складних А зовнішніх щік 6 і 7, утворюючи лабіринтне ущільнення, що перешкоджає попаданню зовнішнього абразиву в його внутрішню частину. Оскільки ланки спресовуються великим зусиллям, близько 1000 кН, для установки гусені або її зняття з рушія одна з її ланок робиться легкозамикаючоюся. У цій ланці (рис. 1.9,а) втулку 3 роблять більш короткою, щоб вона не виходила за межі отворів щік, в які вона запресована, а кінці сполучного пальця 2 найчастіше роблять з конічними отворами і поздовжнім розрізом. При замиканні гусені з'єднувальний палець 2 вільно входить у малі отвори зовнішніх щік і сполучну втулку 3, після чого його кінці запресовують стопорні конуси 1, що заклинюють кінці пальця в отворах щік. Для того щоб випресувати конуси 1 при розбиранні гусені в них виконані різьбові отвори Г закриті під час роботи дерев'яними пробками. Додаткові кільця (шайби) 4, що замінують відсутні виступаючі кінці з'єднувальної втулки 3, створюють лабіринтне ущільнення закритого шарніра ланки, що замикає. Розглянута гусінь має цівкове зачеплення з приводним колесом рушія, де роль цівки виконує зовнішня поверхня сполучної втулки ланки [32].

Пласкі необроблені ланки гусіней для цівкового зачеплення (рис. 2.4 а) являють собою литі фасонні плити з біговими доріжками 1 і з вушами в середній частині, що є цівками для зачеплення з приводним колесом. Щоб гусінь не зіскакувала під час роботи, на ланках відлиті напрямні гребені 3 для кочення опорних ковзанок. Ланки з'єднані між собою цементованими і загартованими сталевими пальцями 6, вільно вставленими в отвори 4 сполучних вушок 5 і 2 і закріплені в них за допомогою шайб 7 і шплінтів 8. Для кращого зчеплення ланок з ґрунтом на стороні вушок звернених до нього виконані припливи шпор 5. Пласкі литі ланки гусіней для гребневого зачеплення (рис. 2.4,б) мають бігові доріжки 1, аналогічні розглянутим раніше. Основні відмінності цієї ланки від попереднього полягають у наявності центрального гребеня 2, розташованого між

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ	Лист
						26
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

біговими доріжками для зачеплення ланки з приводним колесом та напрямки руху опорних котків, та у наявності одного суцільного поперечного ґрунтозачепа 3 [32].

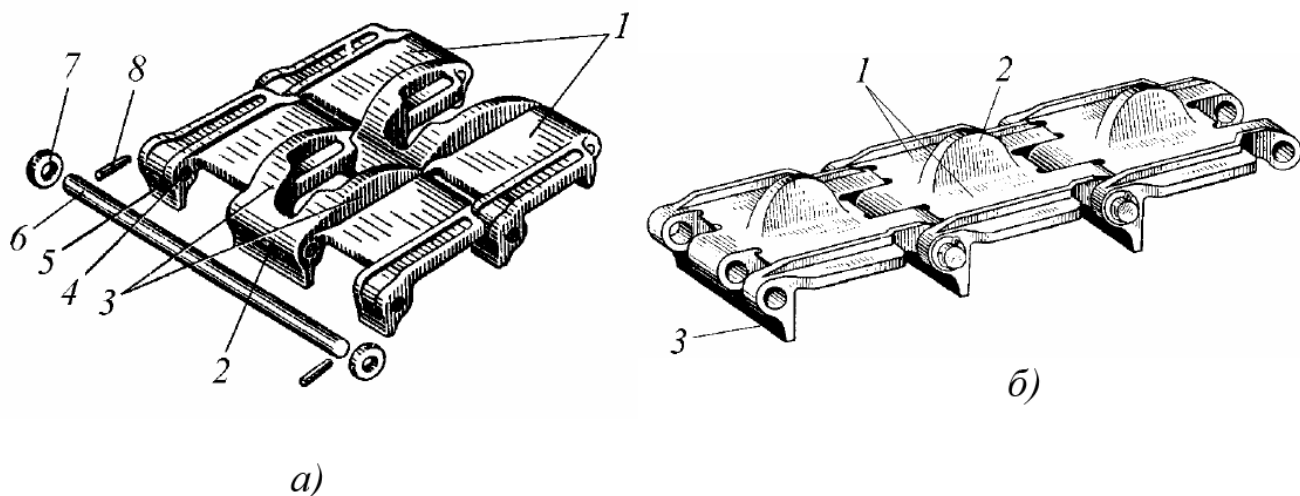


Рис. 2.4 - Гусені з суцільнолитими ланками [32]: а – з цевковим зачепленням; б – з гребневим зачепленням

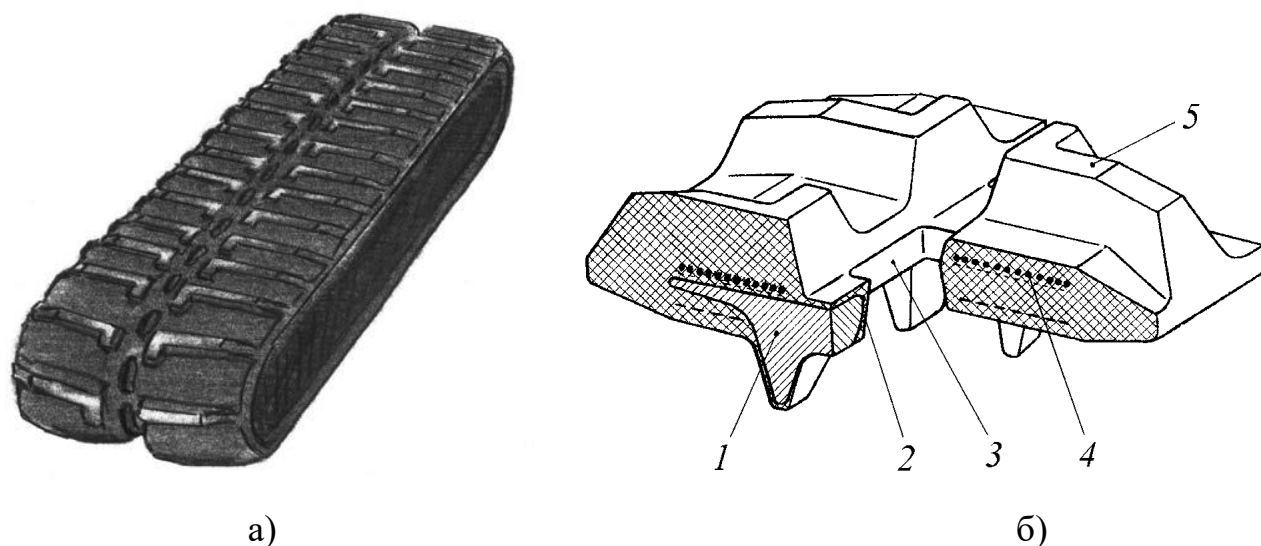


Рис. 2.5 - Гумоармована гуси́нь [32]: 1 - заставний металевий елемент з направляючим виступом для фіксації кочення опорних котків та направляючого колеса; 2 – гумова цівка заставного елемента; 3 - отвір у гумовому корді для зуба ведучого колеса; 4 - переріз сталевих тросів; 5 – гумові ґрунтозачепа

Гумоармовані гусені є монолітною конструкцією, армованою сталевими тросами і заставними металевими елементами, завулканізованими в кордову гумову стрічку. Останні служать здебільшого для цівкового зачеплення гусениці з провідним колесом рушія. Загальний вигляд такої гусені показано на рис. 2.5,а, а

Поп. і дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Поп. і дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

умовний її розріз по заставному елементу і цівку показано на рис. 2.5,б. Існують конструкції гумометалевих гусеней, у яких відсутні заставні металеві елементи [32].

### 2.3. Аналіз напрямних коліс

Напрямні колеса призначені для виконання наступних функцій [32]:

- напрямку руху гусені
- укладання траків гусені під передній опорний каток;
- зміни ступеня натягу гусениці;

Напрямні колеса класифікують [32]:

- За розташуванням:
  - Підняті - при еластичній підвісці
  - напівопущені – при жорсткій та напівжорсткій підвісках
  - низькоопущені, коли вони працюють як опорна ковзанка - на болотохідних машинах і машинах з трикутним гусенивим обведенням незалежно від типу підвіски.
- За формою ободу:
  - одноободовий гладкий (рис. 2.6, а),
  - одноободовий з виступом в середній частині (рис. 2.6, б)
  - двоободовий (рис. 2.6, в) .
- За конструкцією ободу:
  - суцільнолиті колеса - з високовуглецевих сталей обіддя відлиті з наступним загартуванням обода як одне зі маточкою (рис. 2.7, а-в)
  - складові (рис. 2.7, г) - ободи 1 кріпляться до окремої маточини 2.
- За способом кріплення :
  - на повзунах
  - на кривошипі.

Підп. і дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Підп. і дата
Инв. № подп.

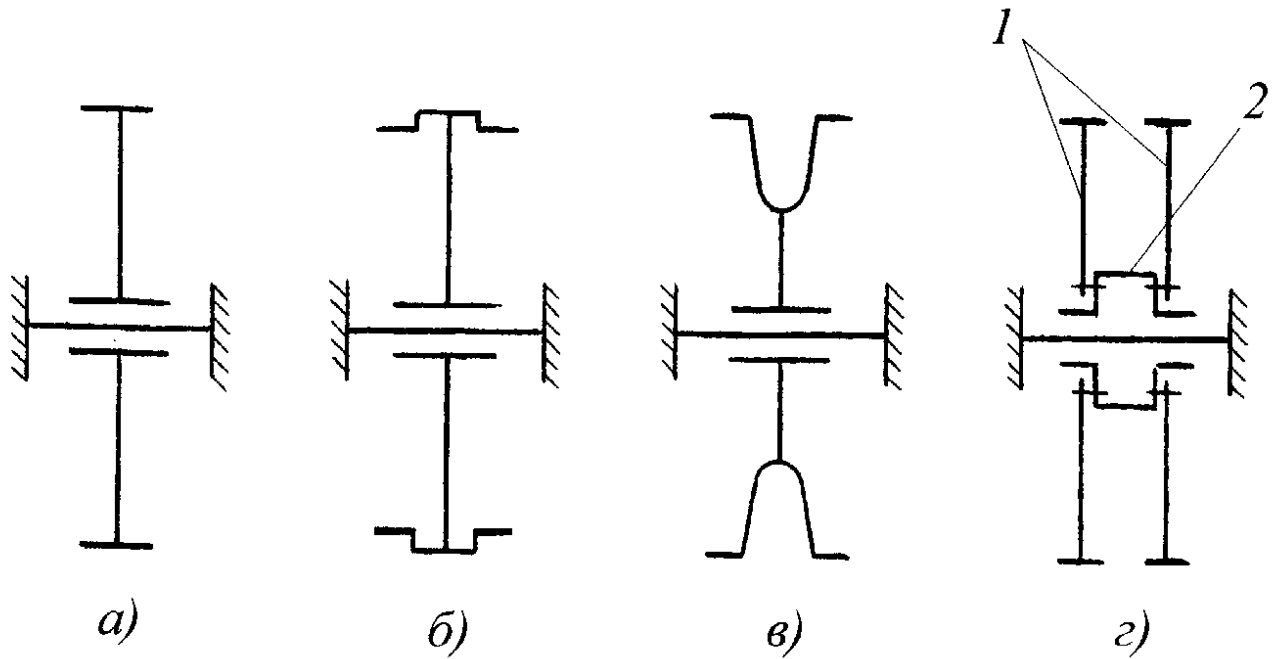


Рис. 2.7 - Схеми конструкцій ободів напрямних коліс [32]

#### 2.4. Аналіз опорних роликів

Опорні ролики служать для підтримки і переміщення рами гірничої машини напрямними поверхнями гусеней, передачі її ваги через гусінь на ґрунт і сприйняття бічних реакцій ґрунту при поворотах машини. Розміри опорних котків, їх кількість та конструкція в першу чергу залежать від призначення машини, типу підвіски та конструкції гусениці [32].

Опорні катки можна класифікувати за типом обода, способом виготовлення, способом кріплення осі, ступеня амортизації [32].

- За типом обода:

- Одноободієві (рис 2.8, а, б, в). Виконуються з гладким циліндричним ободом (рис. 2.8 а). Одноободієві ролики зі сферичною формою обода з однією загальною маточиною (рис 2.8 б) та з розділеною маточиною (рис 2.8, в);
- двоободієві (рис. 2.8, г, д, е, ж). В залежності від типу бігової доріжки гусені, що сполучається, виконуються або з гладкими циліндричними ободами (рис. 2.8, г), коли застосовуються плоскі траки, або з бічними ребордами, що запобігають сходу катка з гусениці рейкового типу.

Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Ине. № подл.	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ	Лист
							29

Реборди виконуються як із обох сторін обода (рис. 2.8, д), або лише із зовнішньої його боку (рис. 2.8, е).

- За способом виготовлення :

- Суцільнолиті. Виготовляються одноободієві катки, схеми яких розглянуті вище (рис. 2.8, а-в), і двообідні для руху по гусеницях з гребневим зачепленням. В останньому випадку в їхній середній частині виконується лита кільцева канавка 6 для проходу гребенів траків гусені (рис. 2.8, ж).
- Штамповані
- Складові (рис. 2.8, г) складається з двох литих або штампованих дисків 4 зазвичай з циліндричними ободьями, закріплених на кінцях сполучної осі 1 за допомогою гайок 5.

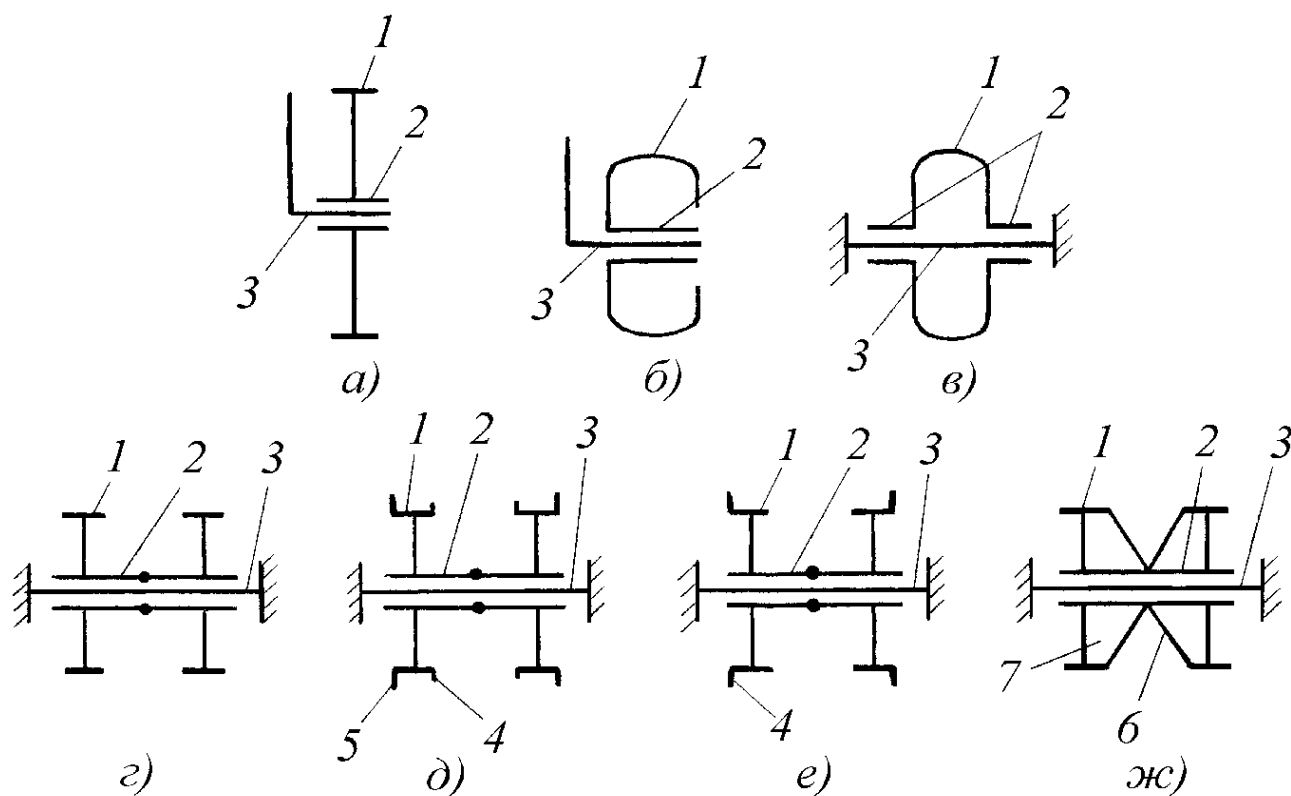


Рис. 2.8 - Схеми конструкцій опорних ковзанок [32]: 1 – обід котка; 2 – маточина; 3 – вісь котка; 4, 5 – реборди; 6 – кільцева канавка; 7 – ребро жорсткості

Побп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Побп. и дата
Инв. № подп.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

- За способом кріплення

- на двоопорних нерухомих осях (рис 2.9, а). Двохободяний каток 1 з ребордами встановлений на осі 2 за допомогою двох однакових підшипників 3. Кінці осі 2 закріплені в кронштейнах 4, які болтами 5 притягнуті до нижніх полиць лонжеронів 6 рами візка гусениць.

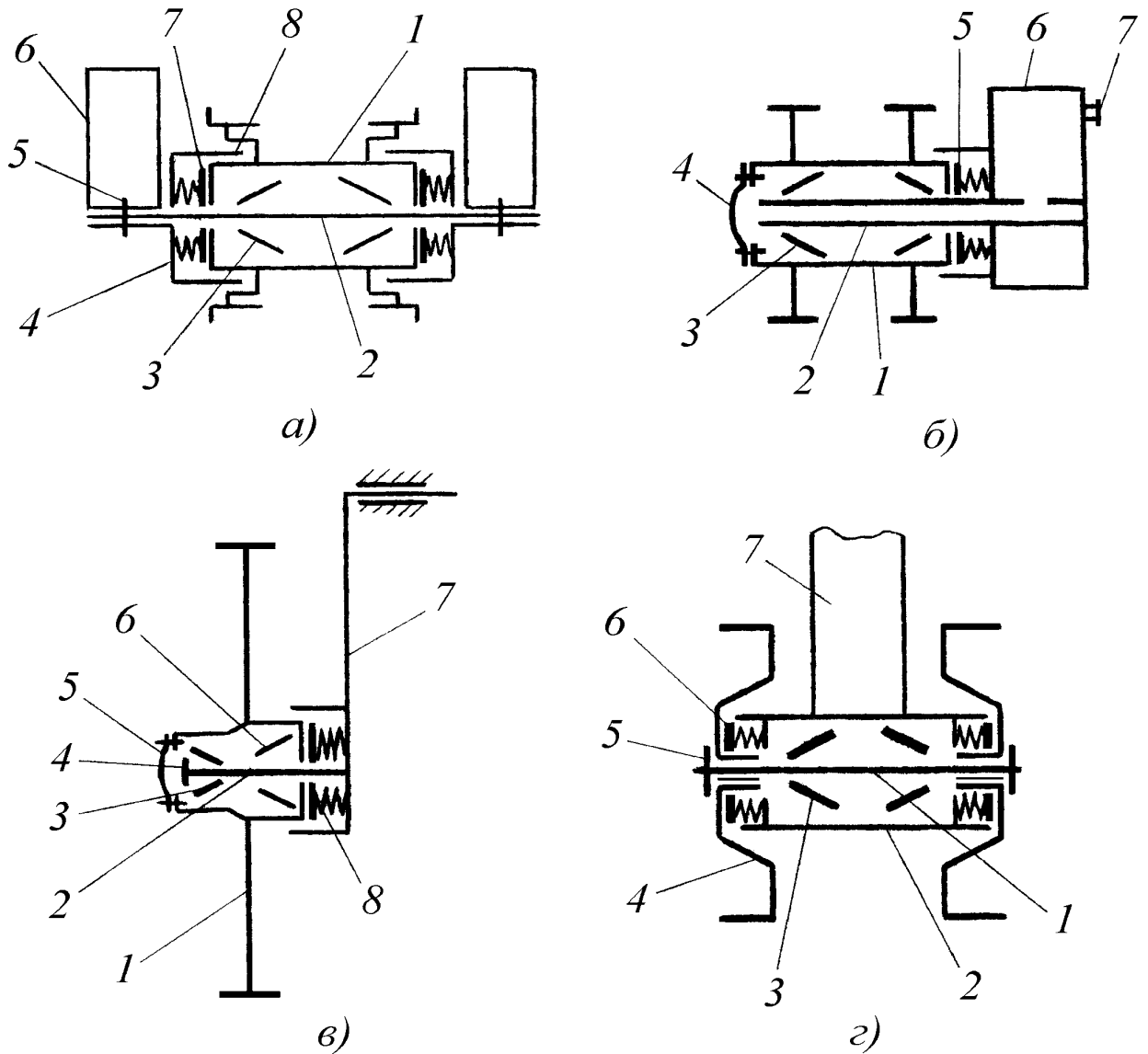


Рис. 2.9 - Схеми кріплення опорних котків [32]

- нерухоме консольне кріплення осі катка (рис. 2.9, б, в). Порожниста вісь 2, на якій закріплені два однакових підшипника 3 маточини циліндричного двоободового ковзанки 1. При консольному розташуванні ковзанки поліпшується захист його внутрішньої порожнини від проникнення стороннього абразива і менше ймовірність

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

витікання з неї рідкого мастильного матеріалу, так як необхідний тільки один комплект ущільнення 5. З протилежного боку порожнину катка закрита кришкою 4. Застосування порожнистої осі 2 дозволяє організувати централізоване змащування всіх підшипників 3, встановлених в катках візки гусениць, використовуючи при цьому внутрішню порожнину лонжеронів 6, як ємність для рідкого мастильного матеріалу отвір, що закривається сапуном 7.

- двоободяний каток з віссю, що обертається (рис. 2.9, г) є складовим. Підшипники 3 кріплення осі 1 зазвичай встановлюються в розточках 2 балансирів 7 підвісок, змащуються рідким мастильним матеріалом і захищаються, як правило, торцово-лабіринтними ущільненнями 6.

## 2.5. Аналіз натяжних та амортизуючих пристроїв

Напрявні колеса можуть бути з амортизуючим пристроєм або без нього. В даний час переважна більшість направляючих коліс мають натяжні пристрої, виконані разом з амортизуючим пристроєм. Без цих пристроїв можуть бути лише напрявні колеса спеціальних промислових гірничих машин із дуже невеликими швидкостями руху [32]

Натяжний і амортизуючий пристрій складаються з двох механізмів, що практично не впливають один на одного, але пов'язані з одним загальним об'єктом їх дії - направляючим колесом. Натяжний пристрій забезпечує правильний попередній натяг гусені, який забезпечує довговічність її роботи. Досягається це переміщенням рухомої опори осі напрямного колеса щодо нерухомої осі приводного колеса рушія доти, доки стріла провисання верхньої гілки гусениці не досягне певної величини, яка завжди обумовлюється в інструкції з експлуатації машини. Хід регулювання направляючого колеса повинен забезпечувати можливість видалення одного зношеного траку та відновлення нормального натягу гусені [32].

Амортизуючий пристрій забезпечує зниження динамічних навантажень, що діють на машину при його наїзді на перешкоду та запобігання рушію при попаданні

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № инв.	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		



в нього сторонніх предметів, що викликають різке натяг гусені. Досягається це за рахунок переміщення направляючого колеса назад і додаткового стиснення пружного елемента пристрою, що амортизує. Амортизуючий пристрій являє собою замкнуту попередньо стиснуту пружну систему - здебільшого пружину. Сила попереднього стиснення повинна бути такою, щоб пристрій, що амортизує, не спрацьовував при задньому ході трактора і різкому його гальмуванні, інакше можливе спадання гусениці. Крім того, сила стиснутих пружин у статиці не повинна передаватися на вісь напрямного колеса. В іншому випадку відбудеться надмірне натяг гусеней, що призводить до їх швидкого зносу, збільшаться втрати на кочення машини і напруги у всіх деталях його ходової системи [32].

Натяжний та амортизуючий пристрій класифікується [32]:

- За місцем їх розташування
  - на візку гусениць
  - на рамі;
- За способом натягу гусениць
  - гвинтовий (рис 2.10, а, б). До повзунів 3 осі 1 направляючого колеса 2 кріпиться напрямна вилка 4 (цілісна або складова з окремих боковин) з центральним стрижнем різьбовим 5 (рис. 2.10, а). Між торцем упорного диска 8 з різьбовим стрижнем 7, вставленим в отвір переднього нерухомого упору 11, і заднім регульованим упором 9 закріплена амортизуюча пружина 10. При цьому зусилля попереднього стиснення пружини 10 не передається на вісь 1 напрямного колеса. Стрижні 5 і 7 мають різний напрямок різьблення, а сполучна різьбова втулка регульовальна 6 по краях має також різний напрямок різьблення. В результаті цього при обертанні втулки 6 в ту чи іншу сторону вкручені в неї стрижні 5 і 7 зближуватимуться або розсуватись, встановлюючи необхідне положення направляючого колеса 2 для нормального натягу гусениці. На аналогічній схемі (рис. 2.10, б) до повзунів 2 осі 1 напрямного колеса кріпиться складова вилка з двох боковин 3 з напівотворами, що охоплюють циліндричну проточку гвинта регульовального 5.

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

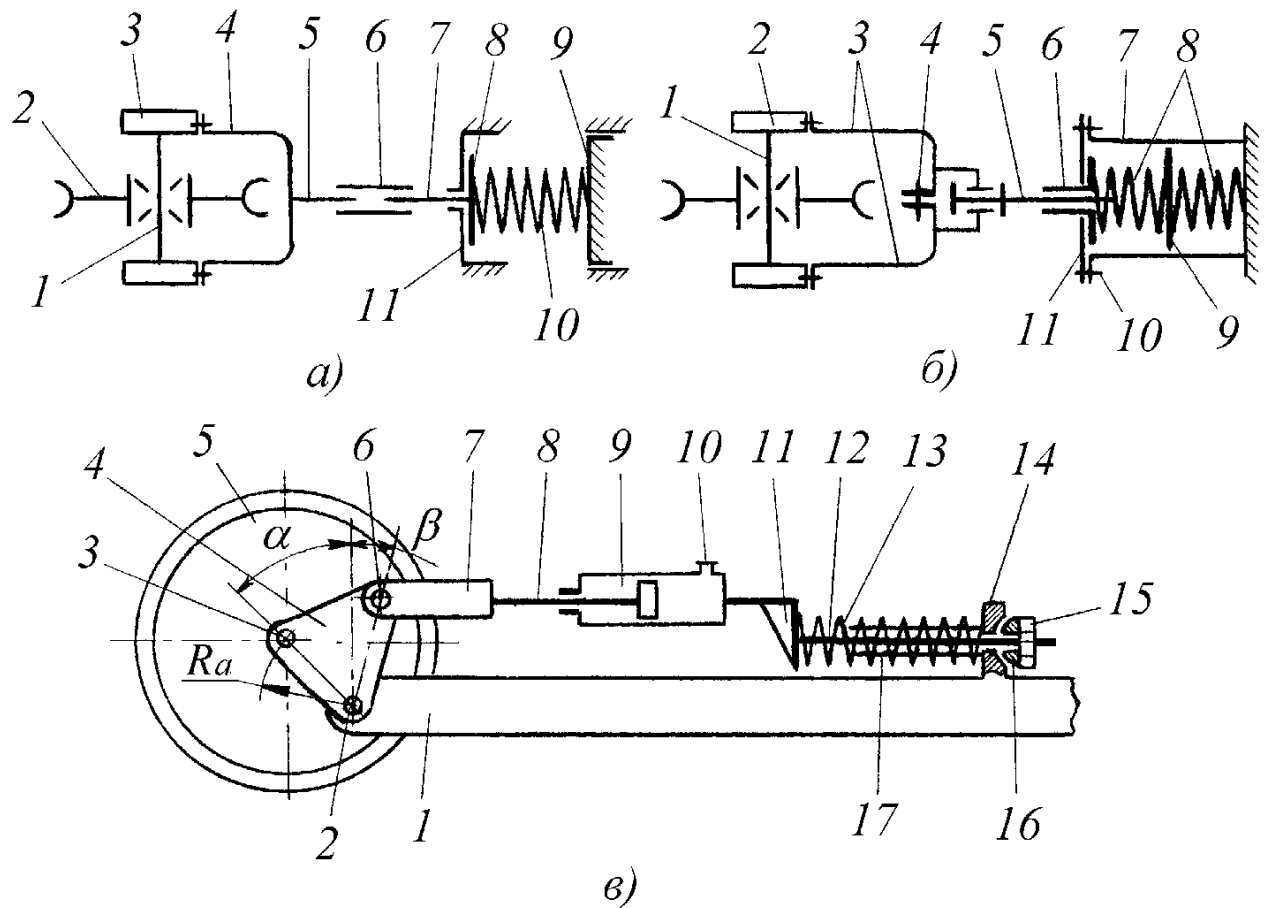


Рис. 2.10 - Принципові схеми конструкцій натяжного та амортизуючого пристроїв, що встановлюються на візку [32]: а – гвинтовий натяжний та амортизуючий пристрій; 1 – вісь; 2 – направляюче колесо; 3 – повзуни; 4 – вилка напрямна; 5 – центральний різбовий стрижень; 6 – втулка різбова регульована; 7 – стрижень різбовий; 8 – диск упорний; 9 – упор регульований; 10 – пружина амортизуюча; 11 – упор нерухомий; б - гвинтовий натяжний та амортизуючий пристрій; 1 – вісь; 2 – повзун; 3 – боковини з напівотворами; 4 – болти кріплення боковин; 5 – гвинт регульовальний; 6 – втулка різбова регульована; 7 – труба нерухома; 8 – пружина амортизуюча; 9 – шайба розділова; 10 – болти; 11 – кришка; в – гідравлічний гвинтовий натяжний та амортизуючий пристрій; 1 – балка; 2 – вісь шарніру; 3 – вісь; 4 – кривошип; 5 – колесо напрямне; 6 – вісь; 7 – вилка напрямна; 8 – шток; 9 – гідронатягач; 10 – маслянка; 11 – кронштейн; 12 – болт стагуючий; 13 – прожина амортизуюча; 14 – опорна стійка; 15 – гайка; 16-17 – труба

Попл. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Попл. и дата

Инв. № подл.

Ли Изм. № докум. Подп. Дат

КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ

Лист

34

Інший кінець гвинта 5 ввинчен в різьбову втулку 6, вставлений. Дві амортизуючі пружини 8, між якими встановлена розділова шайба 9, розташовані в нерухомій трубі 7 одним кінцем спираючись в її днище, а іншим - у зав'язаний фланець втулки 6. Попереднє стиск пружин 8 здійснюється кришкою 11 за допомогою закріплювальних болтів 1. не передається на вісь 1 прямого колеса. Розділювальна шайба 9 служить для зниження рівня коливань, що виникають при роботі амортизуючого пристрою, завдяки силам тертя між нею і стінками труби 7. Для натягу гусениці необхідно попередньо відпустити закріплювальні болти 4 кріплення боковин прямої вилки і потім повертати регулювальний гвинт 5, верт різьбової втулки 6. Після установки направляючого колеса в необхідне положення знову затягнути болти 4, закріплюючи прямну вилку з гвинтом 5.

- гідравлічний (рис 2.10 в). Встановлюється у передній частині візка на важких пристроях. Осі 3 прямого колеса 5 і 6 шарніру кріплення направляючої вилки 7 механізму натягу гусені не лежать на одній вертикалі, що проходить через вісь 2 шарніра кріплення кривошипа 4 в передній частині рами 1 візка гусениць, а відхилені від неї на кути  $\alpha$  і  $\beta$ . Таке розташування осей на кривошипі дозволяє пружині, що амортизує, 13 поглинати не тільки горизонтальні, але і вертикальні поштовхи на прямому колесі 5, що виникають при подоланні перешкод, будучи додатковим пристроюванням трактора. Попереднє стиск пружини 13 здійснюється гайкою 15 стягуючого болта 12, закріпленого в рухомому кронштейні 11 і проходить через отвір в зав'язаній стійці 14. Так як при роботі направляючого колеса відбувається кутове коливання всього механізму, то під гайку 15 на стійці 14. На стяжний болт 12 надіта труба 17 обмежує стиск пружини 13, а, отже, хід прямого колеса, щоб виключити скидання гусениці при послабленні її натягу. Для натягу гусениці в циліндр гідронатягувача 9 закачують через маслянку 10 олію консистентне за допомогою масляного насоса. У циліндрі створюється тиск, що

Инь. № подп.	Подп. и дата	Инь. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

передається через шток 8, вилку 7 і кривошип 4 на вісь напрямного 3 колеса 5, повертаючи його вперед по дузі з радіусом  $R_a$  відносно нерухомої осі 2, забезпечуючи необхідне натяг гусениці.

Инв. № подл.	Подп. и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.143с.01 ПЗ
					Лист
					36

### 3. АНАЛІЗ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ГУСЕНЕВОГО ХОДУ ГІРНИЧИХ МАШИН

#### 3.1. Аналіз методів розрахунку гусеневого ходу

З проведено вище аналізу конструкції гірничих машин на гусеновому ході, відомо, що ці машини відрізняються відносно не великою швидкістю руху і, відповідно, низкими динамічними навантаженнями під час пересування.

Розглянемо методики розрахунку гусеневого ходу наведені у літературних джерелах.

У роботах [9, 16-19, 33, 34] наведено методику спрощеного розрахунку потрібної потужності приводу гусеневого ходу.

У книгах [10, 14, 20, 22-26, 29, 35] наведено розгорнуту методику з попереднього визначення основних розмірів елементів гусеничного ходового обладнання гірничої машини, що базується на використанні розмірних коефіцієнтів, визначених на основі відомих конструкцій гусеневого ходу, опорних реакцій та питомого тиску на ґрунт, тяговий розрахунок гусеневого ходу з визначенням опорів руху та потрібної потужності двигуна.

Окремо виділимо роботу [30], у якій наведено складну терію і розрахунок гусеничних машин. Але наведені методики та залежності більш характерні для швидких машин.

У статті [15] розглядається рух гусеничної машини з відведенням, що виникає внаслідок різниці сил взаємодії опорних гілок гусениць з підставою, що несе. визначаються основні кінематичні характеристики такого руху: кутова швидкість і радіус кола, що описується геометричним центром опорної поверхні машини.

Цікаві відомості з розрахунку ведучого колеса, розрахунок механізму натягування гусенів наведені у книзі [36].

Практично усі розглянуті методики розрахунку гусеневого ходу містять наступні декілька характерних етапів:

Ив. № подп.	Подп. и дата
Ив. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Ив. № подп.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

1. попереднє визначення основних розмірів елементів гусеничного ходового обладнання гірничої машини, що базується на використанні розмірних коефіцієнтів, визначених на основі відомих конструкцій гусеневого ходу.
2. визначення тиску на ґрунт;
3. тяговий розрахунок ходового обладнання з метою визначення необхідного тягового зусилля, що розвиваються в рушії, та потужність його приводів.

Серед базовий параметрів, визначальними є маса машини та потрібна швидкість ходу.

### 3.2. Аналіз параметрів гірничих машин на гусеновому ході

Метою аналізу є встановлення діапазону основних параметрів гусених гірничих машин задля подальшого аналізу параметрів гусеневого приводу.

Проаналізуємо основні гірничорудні машини, що використовують гусений привод: бурові верстати та екскаватори

Бульдозери та трактори відносяться до допоміжних машин.

Таблиця 3.1 - Верстати ударно-обертового буріння

Параметри	СБУ-100-35; СБУ-100 ГА-50	СБУ-125-24; СБУ-125-А-32	СБУ-125 У-52
Потужність ходових двигунів, кВт	2x5,5	2x10	2x20
Швидкість пересування, км/год	0,83	1	0,9
Тиск на ґрунт, МПа	0,05	0,09	0,085
Маса верстату, кг	5000	8500	13500

Таблиця 3.2 - Верстати обертового буріння

Параметри	СБР-160 А-24	СБР-160Б-32	2СБР-125-30	СБШК-200
Потужність ходових двигунів, кВт	2x15	2x15	26	2x18
Швидкість пересування, км/год	0,9	0,9	1,5	1,8
Кут, доланий верстатом, град	15	15	15	12
Маса верстату, кг	25	32	12	48,2

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Таблиця 3.3 – Вестати шарошкового буріння

Параметри	ЗСБШ-200/250-60	6СБШ-200-32; 5СБШ-200-36	СБШ-250МНА-32	СБШ-270ИЗ	СБШ-320-36
Потужність ходових двигунів, кВт	44	44	2x22	2x25	44
Швидкість пересування, км/год	0,6	0,6	0,737	0,33	0,33
Тиск на ґрунт, МПа	0,1	0,1	0,114	0,11	0,11
Кут, доланий верстатом, град	12	12	10	10	10
Маса верстату, т	62	54	77	136	110

Таблиця 3.4 - Технічна характеристики екскаваторів типу ЕКГ-8І ІЗТМ [Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Параметри	ЕКГ-4У	ЕКГ-6,3УС	ЕКГ-8І
Потужність двигунів ходової частини, кВт	2x54	2x60	2x54
Напруга живлення, кВ			6/3
Просвіт під поворотною платформою, м			2,775
Ширина гусені, С, м	1,1, 1,4	1,1, 1,4	1,1, 1,4
Довжина гусені між осями, V, м	8	8	6,98
Довжина гусеневого ходу, U, м			7,95-8,23
Середній тиск на ґрунт, МПа	0,196	0,206	0,199
Тягове зусилля ходу, кН	1800	1800	1800
Швидкість пересування, км/год	0,42	0,51	0,45
Кут, доланий при підйомі, град			12
Робоча вага, т	367	380	370

Таблиця 3.5 - Технічна характеристики екскаваторів типу ЕКГ-10І ІЗТМ [Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Параметри	ЕКГ-5У	ЕКГ-8УС	ЕКГ-10М	ЕКГ-10
Потужність двигунів ходової частини, кВт				2x60
Просвіт під поворотною платформою, м	2,765	2,765		2,765
Ширина гусені, С, м	1,4	1,4		1,1, 1,4
Довжина гусені між осями, V, м	6,68-6,98	6,68-6,98		6,68-6,98
Довжина гусеневого ходу, U, м	7,95-8,23	7,95-8,23		7,95-8,23
Середній тиск на ґрунт, МПа	0,211	0,225		0,216
Тягове зусилля ходу, кН				1800
Швидкість пересування, км/год	0,42	0,42		0,42

Кут,доланий при підйомі, град	12	12		12
Робоча вага, т	386	405	402	390

Таблиця 3.6 - Технічна характеристики екскаваторів типу ЕКГ-12,5І ІЗТМ[**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**]

Параметри	ЕКГ-6,3У	ЕКГ-12,5
Потужність двигунів ходової частини, кВт	2x100	2x100
Ширина гусені, С, м	0,9	0,9
Довжина гусені між осями, V, м	13	
Середній тиск на ґрунт, МПа	0,2	0,2
Тягове зусилля ходу, кН	4600	4600
Швидкість пересування, км/год	0,43	0,43
Робоча вага, т	673	660

Таблиця 3.7- Технічна характеристики екскаваторів типу ЕКГ-15І ІЗТМ [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**]

Параметри	ЕКГ-8У	ЕКГ-12УС	ЕКГ-15
Потужність мережевого двигуна, кВт	1250	1250	1250
Напруга живлення, кВ	6	6	6
Просвіт під поворотною платформою, м	3,35	3,35	3,35
Ширина гусені, С, м	0,9	0,9	0,9
Довжина гусені між осями, V, м	9,5	9,5	9,5
Довжина гусеневого ходу, U, м	12,85-13,08	12,85-13,08	12,85-13,08
Середній тиск на ґрунт, МПа	0,216	0,216	0,206
Швидкість пересування, км/год	0,43	0,43	0,43
Кут,доланий при підйомі, град	12	12	12
Робоча вага, т	725	721	690

Таблиця 3.8 - Технічна характеристики екскаваторів типу ЕКГ УЗТМ[**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**]

Параметри	ЕКГ-5А (5В)	ЕКГ-4УС	ЕКГ-12	ЕКГ-20А	ЕКГ-5Д	ЕКГ-20	ЕКГ-30
Довжина гусеневого ходу, U, м	6,06	6,06	11,48	10,86			

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



Довжина гусені між осями, V, м	5,24			9,6			
Ширина гусені, С, м	0,9			1,8			2
Швидкість пересування, км/год	0,55			0,9			1,1
Кут, доланий при підйомі, град	12	12	12	12			15
Середній тиск на ґрунт, МПа	0,21	0,181	0,245	0,31			0,294
Потужність мережевого двигуна, кВт	250	250	1250	2250		2250	3000
Напруга живлення, кВ	6	3,3/6	6	6			6
Робоча вага, т	196	211	600	1040	197	1050	1250

Таблиця 3.9 - Технічна характеристики екскаваторів типу ЕКГ ДП «Крастяжмаш» [Ошибкa! Источник ссылки не найден.]

Параметри			
Швидкість пересування, км/год	0,43	0,43	0,43
Кут, доланий при підйомі, град	12	12	12
Середній тиск на ґрунт, МПа	0,21	0,21	0,21
Потужність мережевого двигуна, кВт	1250	1250	1250
Напруга живлення, кВ	6	6	6
Робоча вага, т	706	683	672

Таблиця 3.10 - Технічна характеристики гідравлічних екскаваторів [Ошибкa! Источник ссылки не найден.]

Параметри	ЕГ-6	ЕГО-4	ЕГ-10	ЕГО-6	ЕГ-15	ЕГО-8	ЕГ-20	ЕГО-14
Потужність двигуна ходу, кВт	2x50	2x50	2x100	2x100	2x100	2x100	2x100	2x100
Тягове зусилля пересування 2x гусеней, кН	1020	670	1470	1470	1860	1860	3300	3300
Швидкість пересування, км/год	1,7	1,7	1,6	1,6	1,2	1,2	1	1
Ширина траков гусеневого ходу, м	0,9	0,9	1,1	1,1	1,4	1,4	1,8	1,8
База гусеневого ходу, м	6	6	6	6	7	7	8	8
Тиск на ґрунт МПа	0,15	0,15	0,16	0,16	0,163	0,163	0,196	0,196
Робоча вага, т	160	140	250	240	350	370	570	600

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

Використовуючи наведені вище дані, створимо регресійне рівняння, що описуватиме залежність потужності на гусені від маси машини за допомогою ПКА MathCAD.

Залежність потужності на гусені від маси машини, наведену на графіку (рис 3.1), має явний нелінійний вид. Зі збільшенням маси потужність приводних двигунів прогнозовано збільшується. З графіку добре видно, що у групи гідравлічних екскаваторів з масою від 200 до 400 т має надлишкову потужність двигунів гусеневого ходу, у групи екскаваторів з канатним напором з масою від 300 до 400 т навпаки потужність недостатня. У верстатів СБШ також спостерігається дещо знижена встановлена потужність.

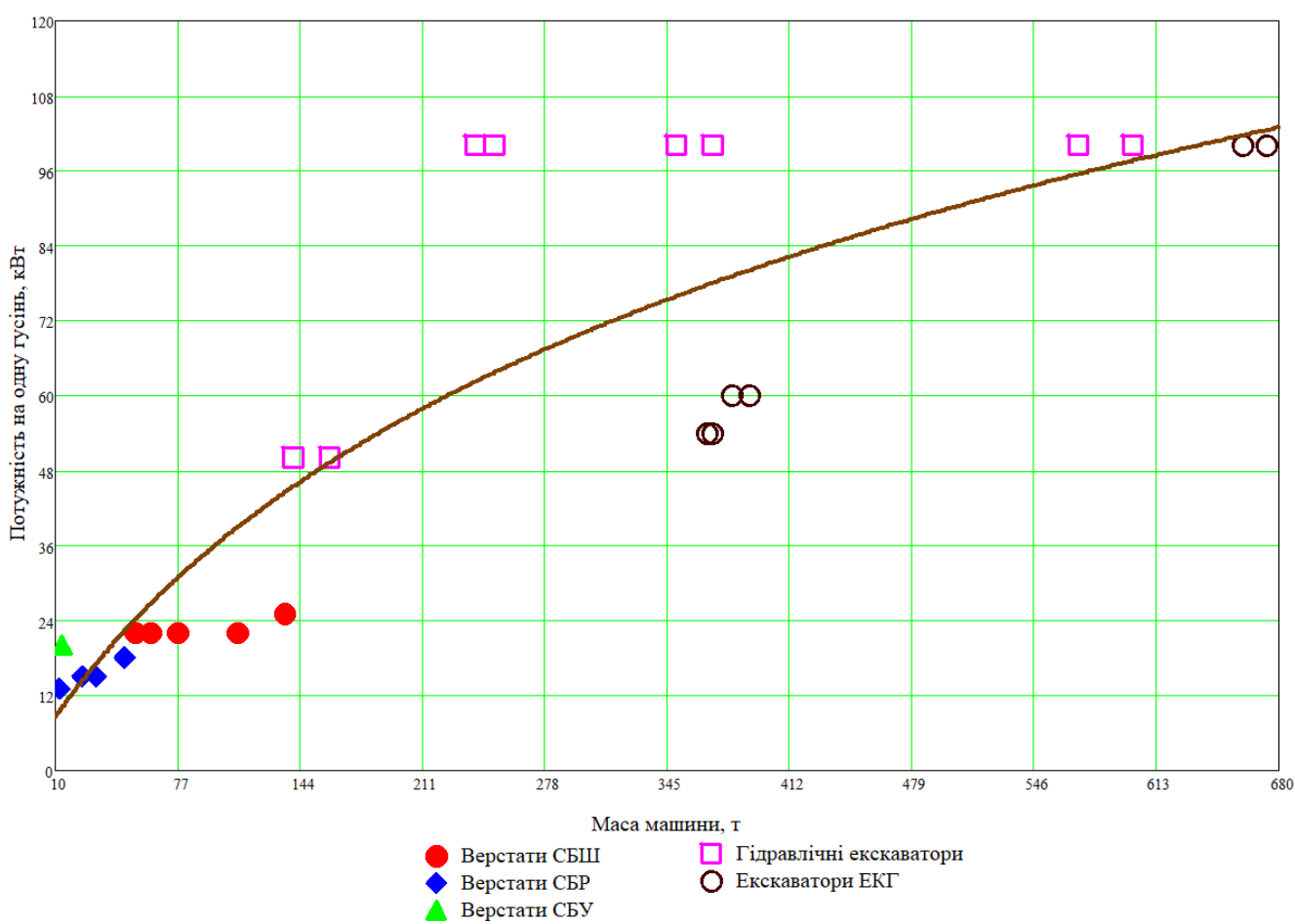


Рис 3.1 - Залежність потужності на гусені від маси машини

Регресійне рівняння, що описує залежність потужності на гусені від маси машини має вид

$$N(M) = 49.843 + \ln(M+108.733) - 229.626 \quad (3.1)$$

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Похибка складає 1,9%, отже залежність з достатньою точністю описує набір даних.

Використовуючі наведені вище дані, проведемо подібний аналіз залежності швидкості руху гірничих машини від їх маси та створимо регресійне рівняння, що описуватиме цю залежність за допомогою ПКА MathCAD.

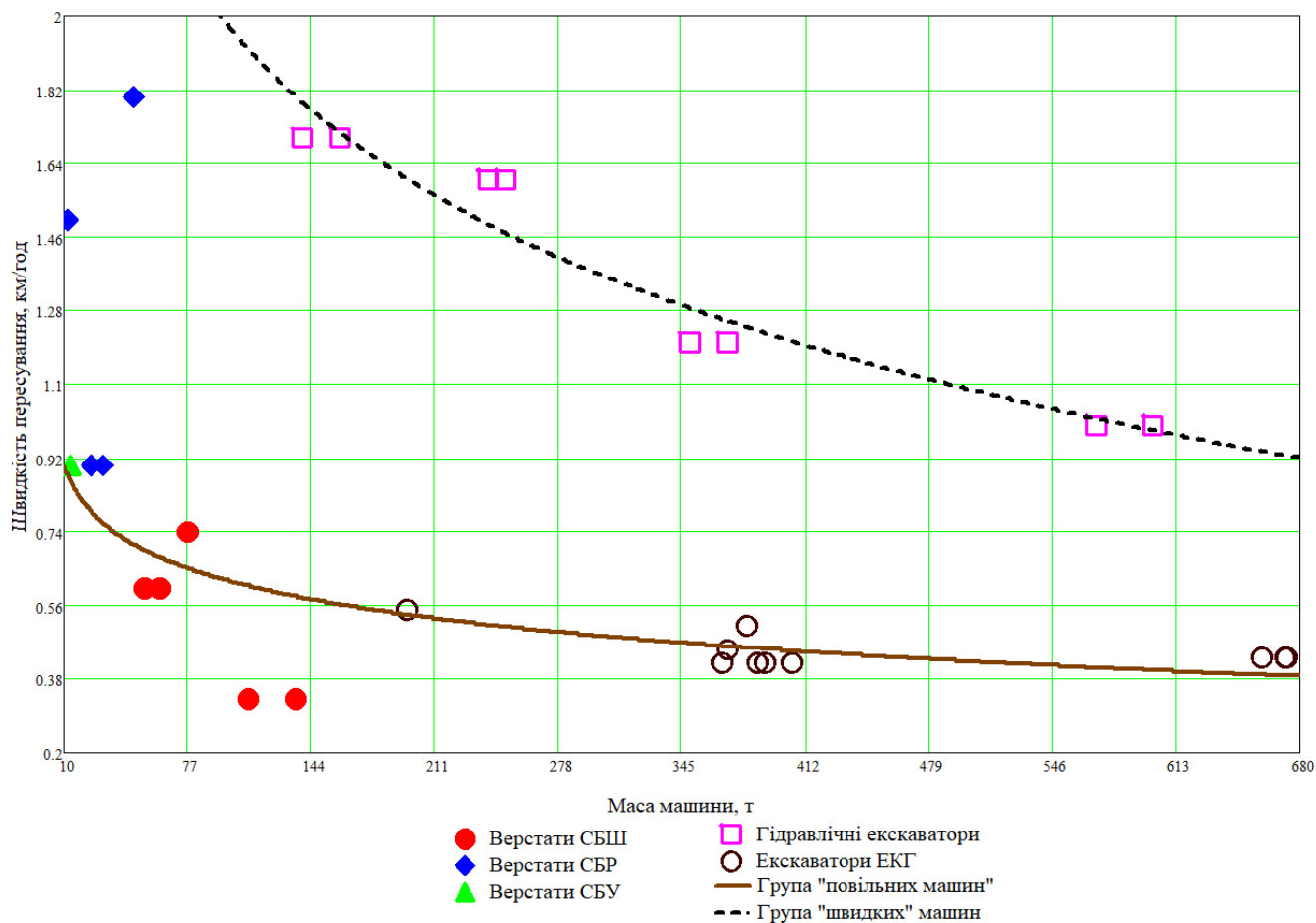


Рис 3.2 – Залежність швидкості руху гірничих машин від маси

Залежність швидкості пересування від маси машини, наведено на графіку (рис 3.2), має явний нелінійний вид. Зі збільшенням маси швидкість пересування прогнозовано зменшується. На графіку добре видно дві групи машин – «швидкісні» та «повільні». Причому бурові верстати більшою мірою відносяться до «повільних машин», а гідравлічні екскаватори є повністю «швидкісними» машинами. Це може пояснюватися дещо підвищеною потужністю приводних двигунів цих екскаваторів.

Отже, складемо регресійні рівняння окремо для цих двох груп:

Попл. і дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Попл. і дата
Инв. № попл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

- Для «повільних» машин

$$v(M) = -0,122 \ln (M) + 1,18 \quad (3.2)$$

- Для «швидких» машин

$$v(M) = -0,549 \ln (M) + 4,499 \quad (3.3)$$

### 3.3. Математична модель гусеневого ходу

#### Вихідні дані

- маса машини  $m_m$ , кг
- швидкість руху горизонтальною площиною  $v_{ГХ}$ , м/с
- кут максимально доланого підйому  $\alpha_{ГХ}$ , град
- час розгону машини,  $t_p$ , с
- питомий опір ґрунта стисненню  $p_0 = 1 \text{ МПа}$
- ККД механізму гусеневого ходу  $\eta_{ГХ} = 0,6$

#### Коефіцієнти

- лінійний коефіцієнт ширини ходу  $k_{ГШХ} = 0,91..0,96$ ;
- лінійний коефіцієнт довжини гусені  $k_{ГДГ} = 1,1..1,15$ ;
- лінійний коефіцієнт ширини ланки гусені  $k_{ГЗГ} = 0,18..0,2$ ;
- лінійний коефіцієнт кроку ланки гусені  $k_{ГШГ} = 0,08..0,1$ ;
- лінійний коефіцієнт висоти гусені  $k_{ГВГ} = 0,32..0,38$ ;
- лінійний коефіцієнт діаметра ведучого колеса  $k_{ГВК} = 0,27..0,34$ ;
- лінійний коефіцієнт діаметра направляючого колеса  $k_{ГНК} = 0,25..0,28$ ;
- лінійний коефіцієнт діаметра опорного катка  $k_{Гок} = 0,25..0,31$ ;
- коефіцієнт опору внутрішній у гусені  $k_{вн} = 0,29-0,46$ ;
- коефіцієнт опору кочення  $k_k = 0,082-0,175$ ;
- коефіцієнт тертя гусені об ґрунт  $\mu = 0,25$ ;
- коефіцієнт зчеплення ґрунта  $k_{сц} = 0,0025 \text{ Н/м}$

#### Геометричні параметри гусеничного ходу

Ширина ходу, м

Ине. № подп.	Подп. и дата		Подп. и дата		Лист
	Взам. инв. №		Ине. № дубл.		
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.143с.01 ПЗ
					44

$$L_{ух} = k_{Гух} \cdot \sqrt[3]{0.001 \cdot m} \quad (3.4)$$

Довжина гусені, м

$$L_{ух} = k_{Гух} \cdot \sqrt[3]{0.001 \cdot m} \quad (3.5)$$

Ширина ланки гусені, м

$$L_{зг} = k_{Гзг} \cdot \sqrt[3]{0.001 \cdot m} \quad (3.6)$$

Висота гусені, м

$$L_{бг} = k_{Гбг} \cdot \sqrt[3]{0.001 \cdot m} \quad (3.7)$$

Діаметр ведучого колеса, м

$$D_{вк} = k_{Гвк} \cdot \sqrt[3]{0.001 \cdot m} \quad (3.8)$$

Діаметр направляючого колеса, м

$$D_{нк} = k_{Гнк} \cdot \sqrt[3]{0.001 \cdot m} \quad (3.9)$$

Діаметр опорного катка, м

$$D_{ок} = k_{Гок} \cdot \sqrt[3]{0.001 \cdot m} \quad (3.10)$$

Довжина опорної поверхні гусені, м

$$L_{ог} = L_{ог} - L_{бг} \quad (3.11)$$

### Потужність привода

Вага машин, Н

$$G_M = g \cdot m_M \quad (3.12)$$

Швидкість руху на підйом, м/с

$$v_{нх} = 0,87 \cdot v_{зх} \quad (3.13)$$

Частота обертання ведучого колеса гусені, об/с

$$n_{вк} = \frac{v_{зх}}{\pi \cdot D_{вк}} \quad (3.14)$$

Опір внутрішній у гусені, Н

$$W_{вн} = k_{вн} \cdot G_M \quad (3.15)$$

Опір інерції при трогані з місця, Н

$$W_{вн} = \frac{v_{зх} \cdot G_M}{g \cdot t_p} \quad (3.16)$$

Опір коченню, Н

Ине. № подп.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Ине. № дубл.
Взам. инв. №	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Ине. № подп.	Ине. № подп.

$$W_k = k_k \cdot G_M \quad (3.17)$$

Опір підйому, Н

$$W_k = G_M \cdot \sin(\alpha_{ep}) \quad (3.18)$$

Фактичний тиск на ґрунт, Па

$$p_z = \frac{G_M}{2 \cdot L_{oz} \cdot L_{sz}} \quad (3.19)$$

Повний момент тертя однієї гусені, Нм

$$M_{mz} = \frac{2 \cdot \mu \cdot G_M \cdot L_{oz}}{4} \quad (3.20)$$

Глибина занурення однієї гусені, м

$$h = \frac{P_z}{0.3 \cdot p_0} \quad (3.21)$$

Момент опору сколювання ґрунта, Нм

$$M_k = 580000 \cdot k_k \cdot h \cdot L_{oz} \quad (3.22)$$

Опір повороту навколо однієї гусені, Н

$$W_{пов} = \frac{2 \cdot (M_{mz} + M_{ск})}{L_{oz}} \quad (3.23)$$

Максимальне тягове зусилля, Н

$$F_{max} = W_{вн} + W_{ин} + W_k + W_n + W_{пов} \quad (3.24)$$

Необхідна потужність приводу на одні гусені, Вт

$$N_{1ex} = \frac{F_{max} \cdot v_{nx}}{2 \cdot \eta_{ex}} \quad (3.25)$$

Необхідний обертальний момент на одній гусені, Нм

$$M_1 = \frac{N_{1ex}}{2 \cdot n_{вк}} \quad (3.26)$$

### 3.4. Аналіз математичної моделі гусеневого ходу

Перш за все перевіримо адекватність моделі побудованої математичної моделі. Для цього порівняємо потужність приводних двигунів гусеневого ходу, визначену за допомогою регресійного рівняння (3.1) і потужність, визначену за допомогою розробленої моделі (див. п.3.3). Графік порівняння наведено на рис 3.3,

Підп. і дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Підп. і дата
Инв. № подл.

з якого видно, що аналізовані результати добре співпадають. Таким чином, можна казати про адекватність моделі.

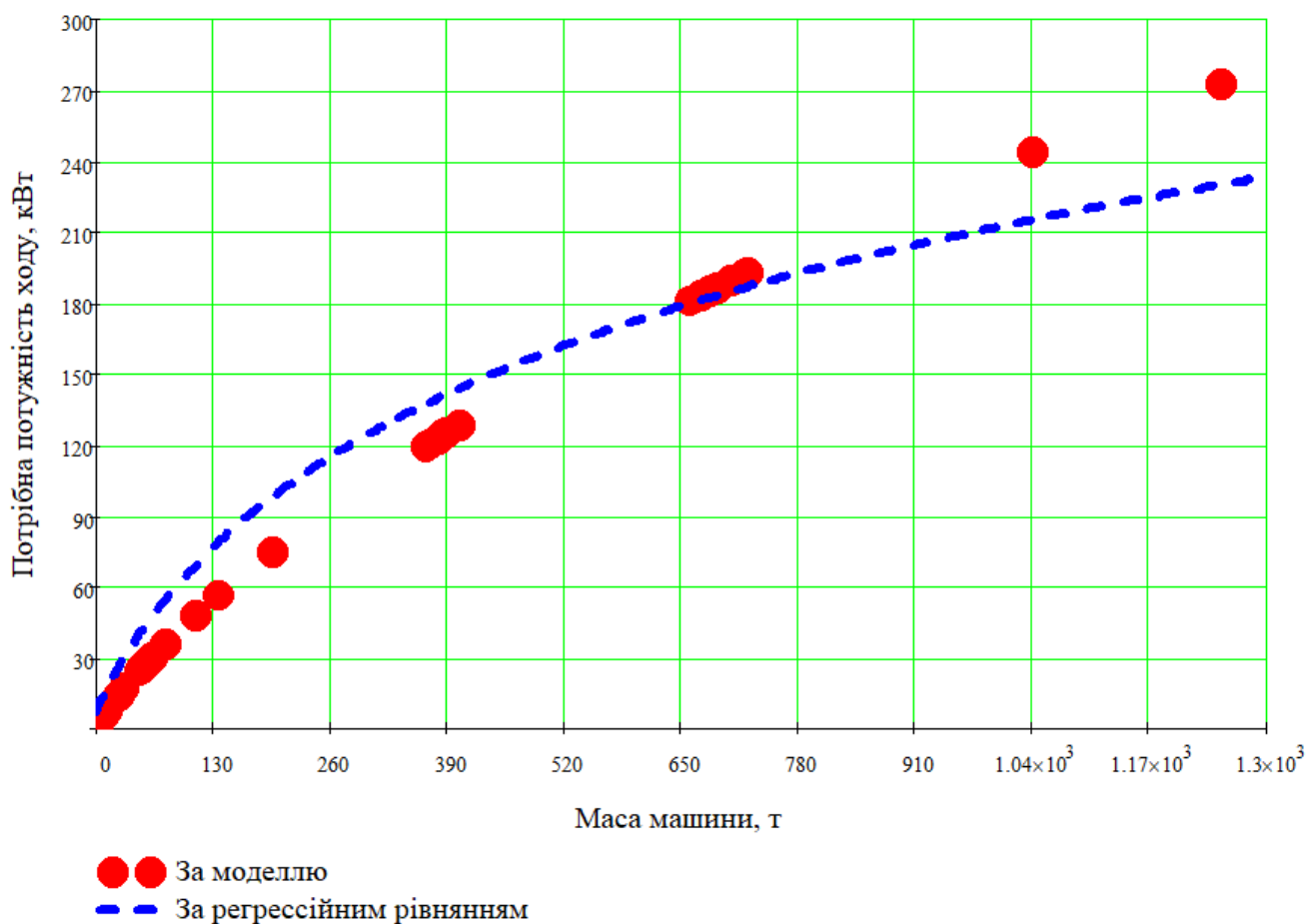


Рис 3.3 – Порівняння результатів обчислення потужності на гусені.

Проаналізуємо складові, з яких визначається необхідна потужність на приводній зірочці гусені (рис 3.4).

Загалом при визначення необхідної потужності та натягу у гусенях розглядаються п'ять опорів руху, які має долати гусенева машина, а саме:

- опір внутрішній у гусенях;
- опір інерції при троганні з місця;
- опір коченню;
- опір підйому;
- опір повороту навколо однієї гусені.

Проаналізуємо їх вплив на загальну величину потрібного тягового зусилля

Ив. № подп.	Подп. и дата
Ив. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Ив. № подп.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

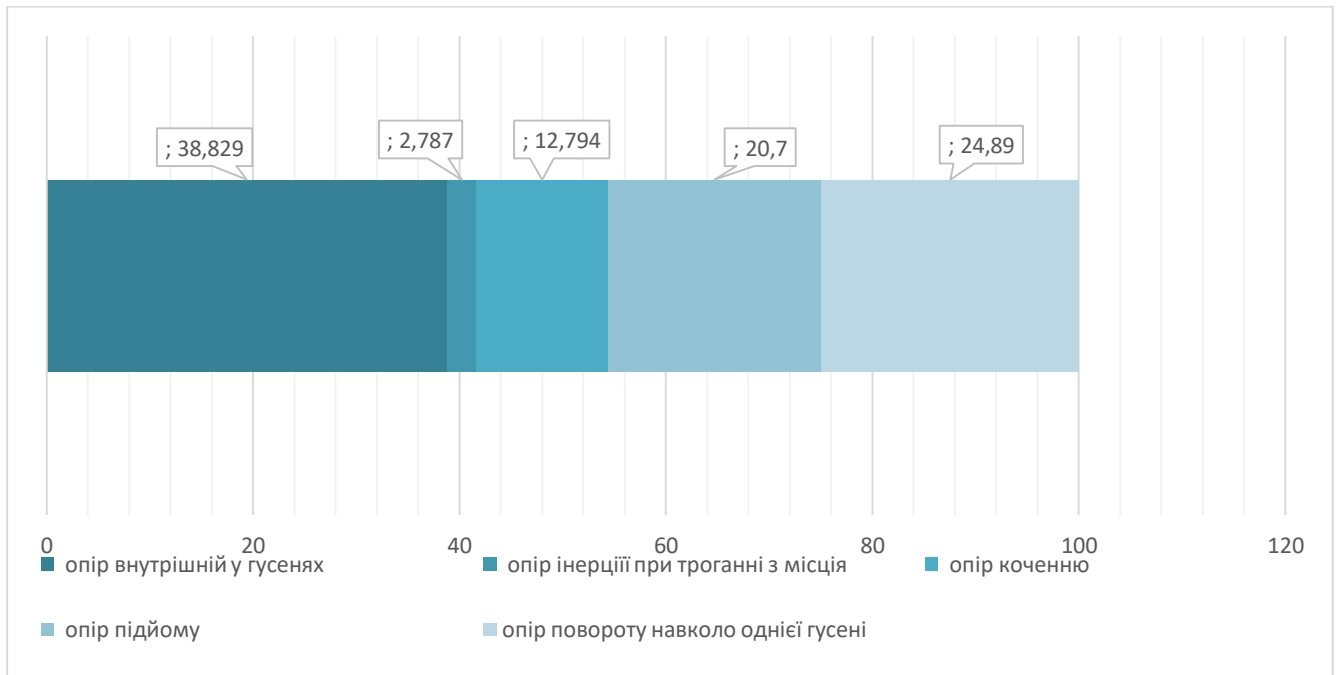


Рис 3.4 – Втрати енергії у гусеновому ході

Проаналізуємо ці опри з точки зору можливості їх зменшення конструктивними шляхами.

Опір внутрішній у гусенях є найвагомішою складовою у визначення потрібного тягового зусилля і складає 37,9-39,1%. Величина опору залежить від коефіцієнту внутрішнього опору у гусенях. Конструктивно вплинути на величину опору можливо, зменшивши значення цього коефіцієнту за рахунок зменшення тертя у вузлах гусеничного приводу, наприклад у підшипниках катків, у шарнірах ланок гусені.

Опір інерції при троганні з місця є найменшою складовою у загальному визначенні потрібного тягового зусилля і складає 2,4-2,9%. Він залежить від часу розгону та потрібної швидкості ходу. Конструктивно вплинути цей опір не можливо, оскільки він визначають вихідними даними.

Опір коченню має вагому величину і складає 11-13% та цілком залежить від значення коефіцієнту опору кочення. Конструктивно вплинути на значення цього коефіцієнту не можливо, оскільки він залежить від властивостей поверхні, якою пересувається машина.

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----



Опір підйому цілком має досить вагому величину, що складає 19,5-21% від загальної величини тягового зусилля. Величина опору залежить від кута підйому та маси, отже змінити його конструктивно не має можливості.

Опір повороту навколо однієї гусені складає 24,5-25,1% від загальної величини потрібного тягового зусилля. Опір в основному залежить від властивостей ґрунту, яким пересувається машина, але конструктивно можна дещо зменшити цей опір, вплинувши на якість шарнірів ланок гусенів, щоб зменшити тертя у них.

Отже, проаналізувавши складові опори потрібного тягового зусилля, встановлено, що для їх зниження потрібно зменшити тертя у деталях та вузлах гусеничного ходу.

### 3.5. Рекомендації щодо удосконалення конструкції ланок гусені

У результаті аналізу розробленої математичної моделі встановлено, що найбільшим є опір у гусені, який спричинено, в основному, великими силами тертя у деталях та вузлах гусені. Зважаючи на малорухомий характер роботи гірничих машин та на те, що катки та ведуче і направляюче колеса мають добре захищені опорні підшипникові вузли, найбільші проблеми виникають саме у шарнірах ланок гусені, які мають поганий захит від зовнішніх умов (а іноді зовсім без захисту). Отже, вважаємо за потрібне при розроблені рекомендації щодо удосконалення конструкції гусеневого ходу провести патентний аналіз конструкцій ущільнень з'єднань ланок гусені.

У патенті [1] наведено конструкцію безшарнірної гусені, у якій, досягається спрощенням зчленування ланок ланцюга шляхом зв'язку між собою сусідніх ланок за допомогою мірних відрізків троса.

Кожна ланка гусеничного ланцюга складається з верхнього / і нижнього 2 штампованих елементів і гумового ґрунтозачепа 3.

Підп. і дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Підп. і дата
Инв. № подп.

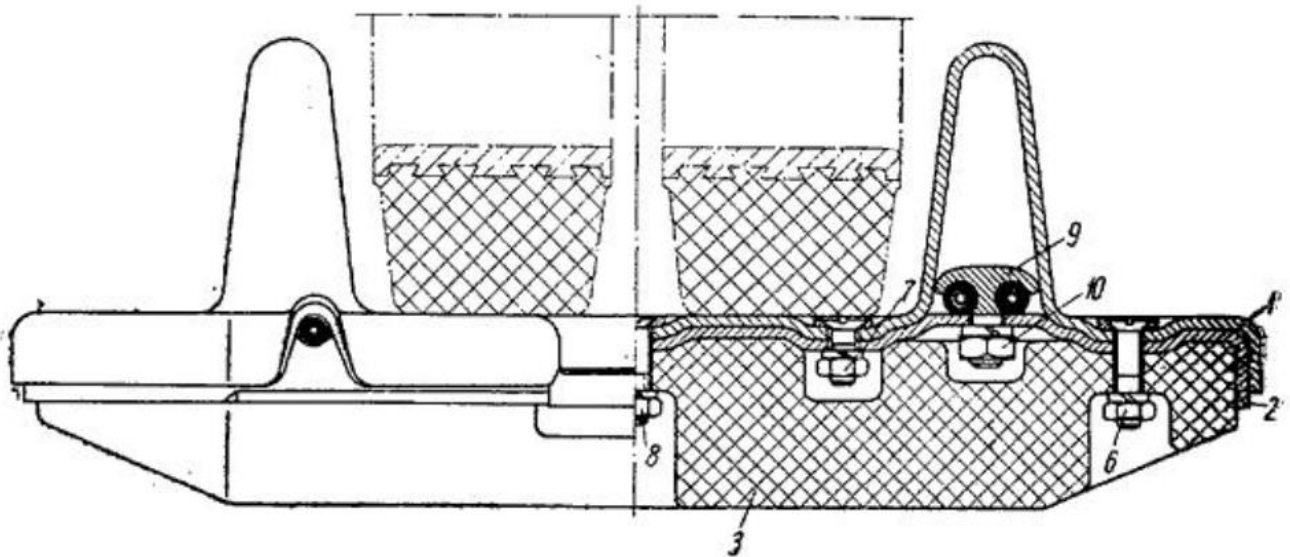
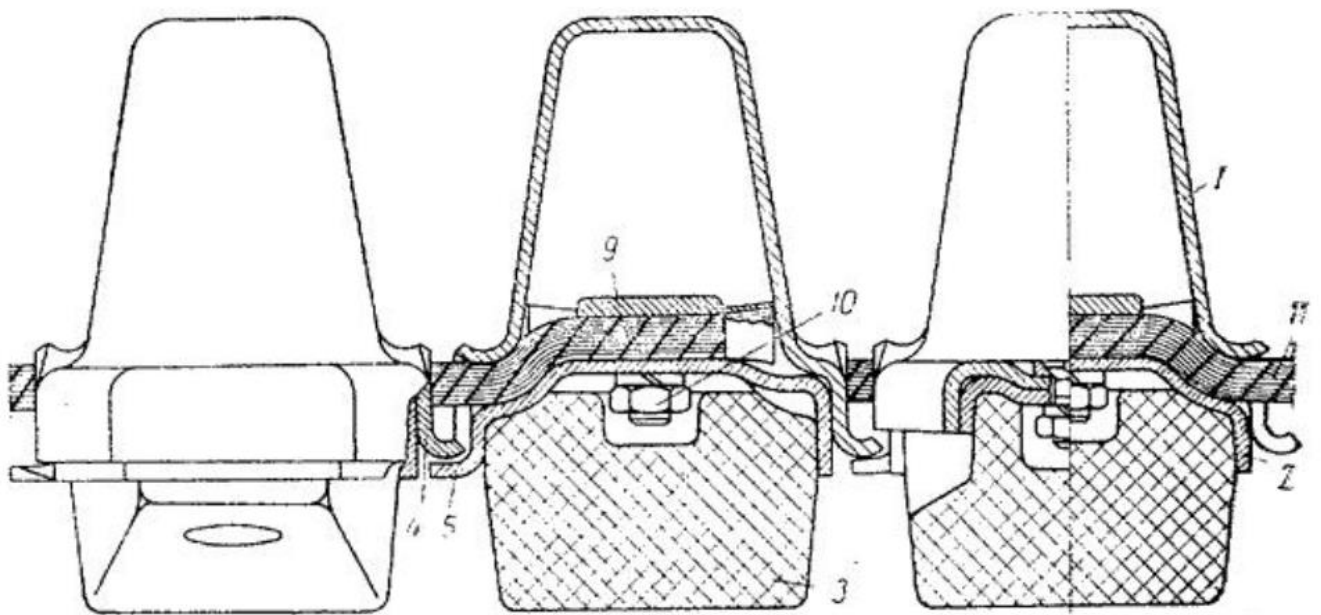
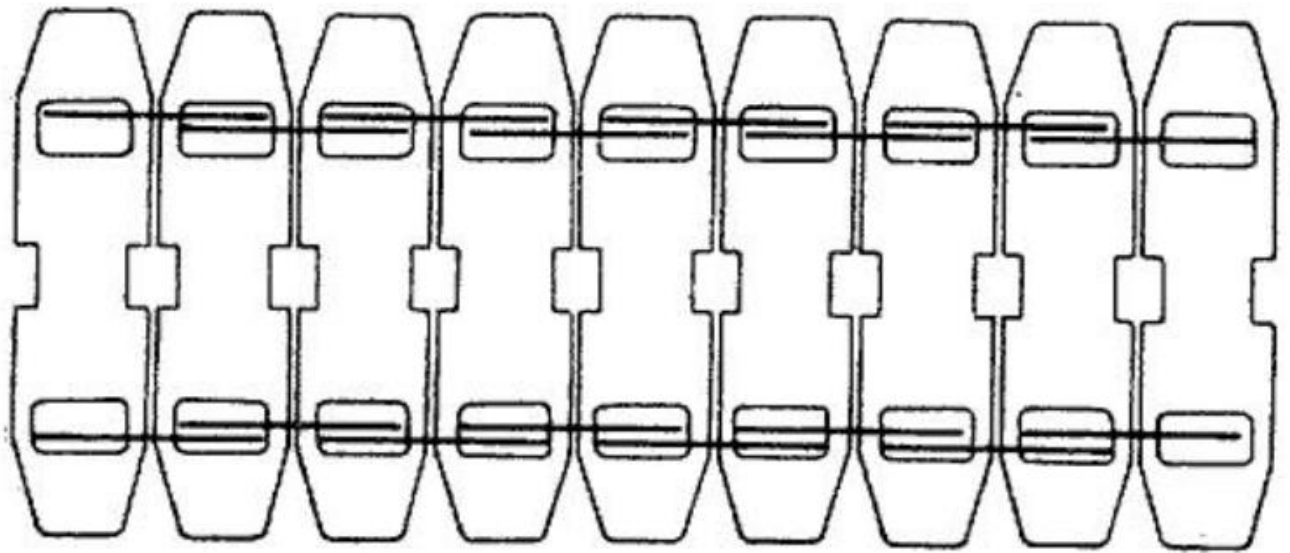


Рис 3.5 – До патенту [1]

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Обидві деталі 1 і 2 забезпечені буртиками 4 і 5, що оберігають їх від вертикального вертикального зміщення і забезпечують зачеплення з провідною зірочкою колеса. Кріплення деталей 1 і 2 і ґрунтозацепу 3 здійснюється болтовими з'єднаннями 6, 7, 8.

У розташованих з двох сторін ланки муфтах 9, пов'язаних болтовими з'єднаннями 10 з нижнім елементом 2 ланки, закріплюються по два відрізки троса 11, втулок гнучким з'єднанням між сусідніми ланками гусеничного ланцюга.

Метою винаходу [2] є підвищення терміну служби гусеничного ланцюга, яка досягається тим, що зовнішня поверхня поворотних ексцентрикових втулок та отвори в них під пальці виконані некруглими.

З метою спрощення виготовлення гусеничного ланцюга кожен поворотну втулку ексцентрикову доцільно виконати у вигляді макета плоских шайб.

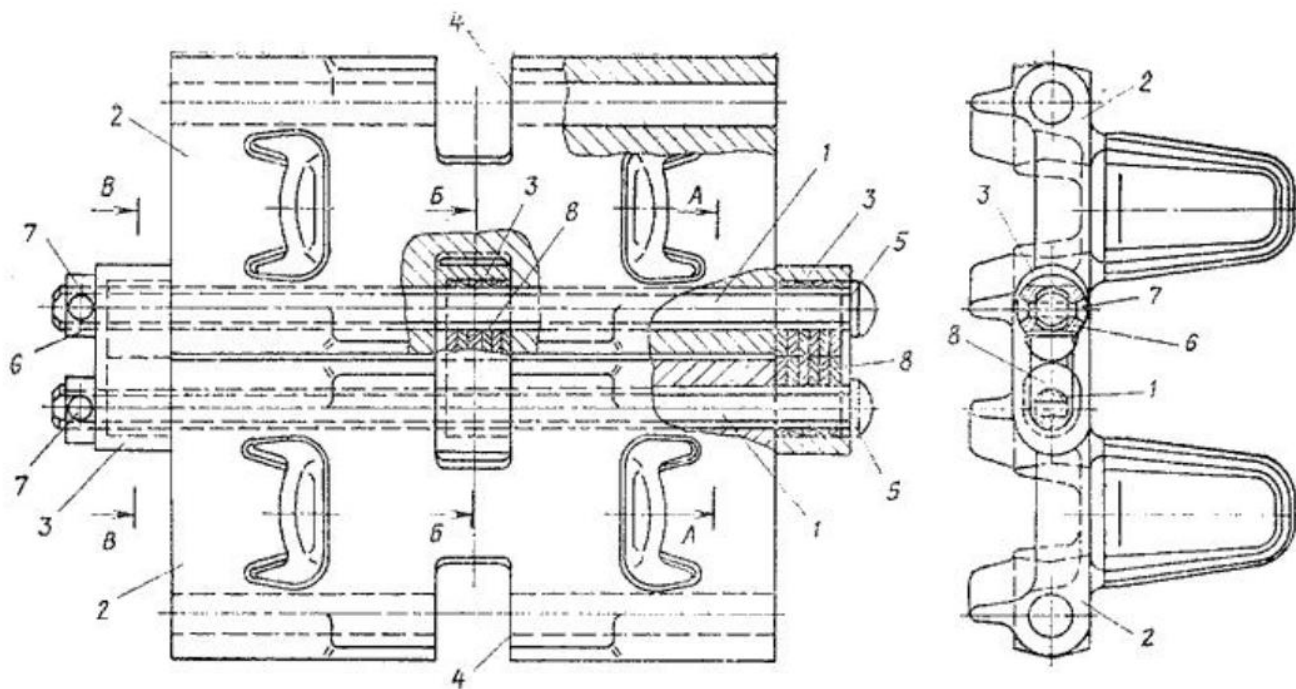


Рис 3.6 – До патенту [2]

Циліндричні пальці 1, забезпечені по всій довжині двома протилежними лискамн, встановлені з технологічним зазором у вушах суміжних траків 2 і з'єднані між собою за допомогою з'єднувальних планок 3, дві з яких розташовані по кінцях пальців поза траками, а третя поміщена у западинах 4. Крайні планки стопоряться від зміщення уздовж пальців головками 5 і 6. Головка 5 виконана заодно з пальцем,

Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ине. № подл.	Ине. № подл.	Ине. № подл.
Ли	Изм.	№ докум.
Подп.	Дат	

а головка 6 - у вигляді окремої деталі і закріплена на пальці за допомогою заклепки 7, У гніздах з'єднувальних планок встановлені поворотні ексцентрикові втулки з некруглою , Наприклад плосковальної, зовнішньої поверхнею і з некруглим отвором під палець 1 формою п розміру останнього.

Ексцентрикові втулки виконані у вигляді пакета плоских шайб 8 і застопорені від прокручування в сполучних планках і 25 пальцях.

У початковому положенні ексцентрикові втулки встановлені в планках 3 так, що їх ексцентриситет а спрямований від середини шарніру вздовж гусеничного ланцюга. Початкова відстань між осями пальців дорівнюватиме

$$t_1 = a + 2e$$

де а – відстань між осями гнізд у планках 3.

При досягненні гранично допустимої величини кроку гусениці проводиться перша компенсація її крокового зносу шляхом повороту обох пальців 1 на 180 ° від початкового положення (на кресленнях не показано) і включення в роботу їх незношених сторін. При цьому положення ексцентрикових втулок та відстань між осями пальців залишається початковим.

При подальшому кроковому зносі гусениці проводиться друге відновлення її кроку шляхом повороту ексцентрикових втулок одного пальця 1 на 180°.

Нарешті, зі збільшенням кроку гусениці знову до гранично допустимої величини проводиться третя компенсація її крокового зносу шляхом повороту ексцентрикових втулок другого пальця 1 на 180°.

Робота гусеничного ланцюга знов може тривати до гранично допустимого крокового зносу.

Запропонована конструкція гусеничного ланцюга дозволяє тричі відновлювати її крок та підвищити термін її служби.

У патенті [3] запропоновано шарнір гусеневого ланцюга, особливістю якого є те, що його кільце ущільнювача виконано з трапецеїдальними або трикутними в перерізі кільцевими виступами по кінцях, що входять в кільцеві западини відповідної форми на торцевих поверхнях втулок. Кільце ущільнювача встановлено з зазорами по відношенню до розпірного кільця і вуха ланки.

Це забезпечує довговічність шарніра та надійну його герметизацію.

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ

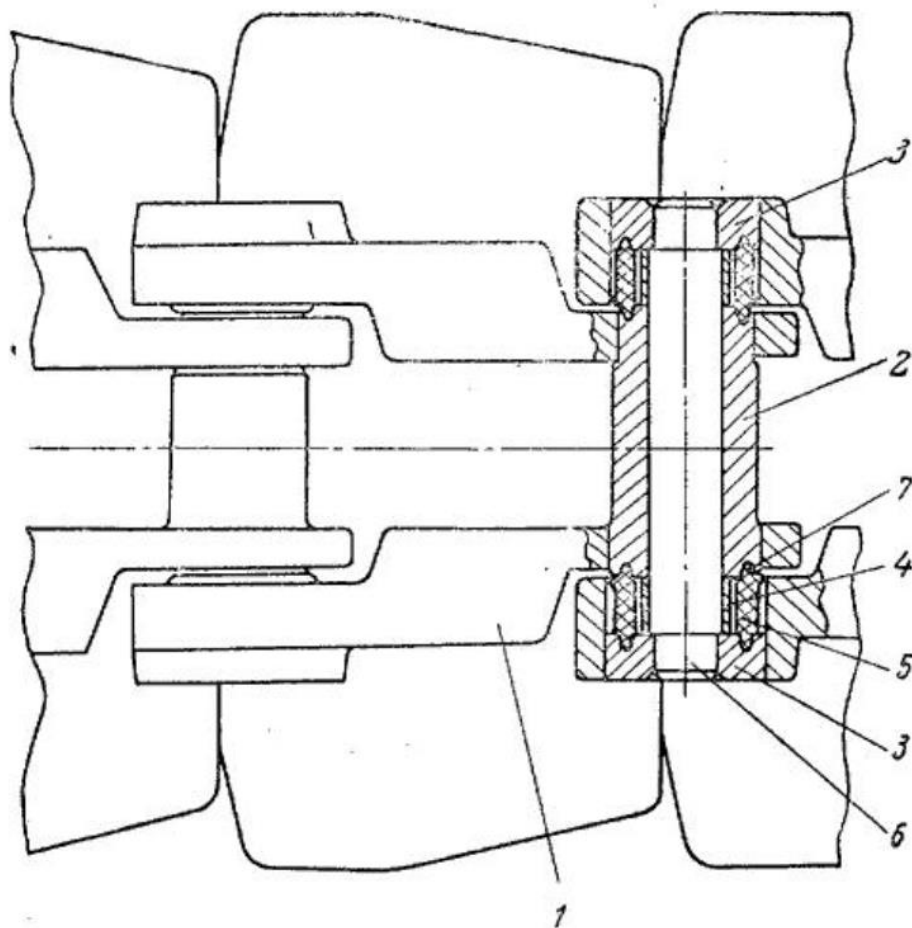


Рис 3.7 – До патенту [3]

У внутрішні вуха складових або цілнелитих ланок 1 запресовується середня втулка 2, а зовнішні - короткі втулки 3. У западини ланок між торцевими поверхнями втулок встановлюють розпирні кільця 4 і еластичні, наприклад гумові, ущільнювальні кільця 5.

Для запобігання прослизання ущільнювального кільця щодо втулок на 5 його торцях є кільцеві виступи 7, трикутні або трапецеїдальні в перерізі, а на торцях втулок - кільцеві западини такої ж форми.

Кільця ущільнювачів встановлені з зазорами по відношенню до розпирних кільців і до вушок ланок і працюють на скручування, тобто один торець ущільнювального кільця повертається разом з торцем середньої втулки 2, а інший - разом з торцем втулок 3 без проковзування.

У патенті [4] наведена конструкція шарніру гусеневого ланцюга, у якій для підвищення надійності ущільнення і спрощення конструкції ущільнювач

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

складається з металевої втулки, посаженої на палець траку, гумового кільця, привулканізованого до зовнішньої поверхні втулки, і металевого склянки, напесованого на гумове кільце і вушко траку.

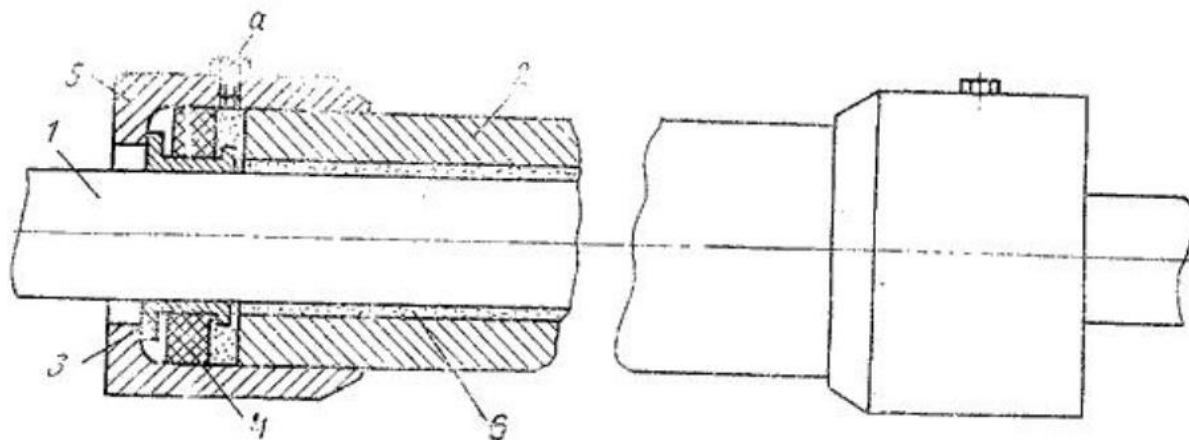


Рис 3.8 – До патенту [4]

Палець траку 1 розміщений усередині вушка-ни 2. Металева втулка 3 посажена на палець траку 1. Гумове кільце 4 привулканізовано до зовнішньої поверхні втулки 3. Металевий стакан 5 напесований на гумове кільце 4 і вушко 2. Отвір а служить для заповнення мастилом внутрішньої порожнини шарніра б. Змащування утримується кільцем 4 і склянкою 5.

Мета винаходу [5] - підвищення довговічності та надійності ущільнення.

Для цього армуючі кільця виконані у вигляді пелюсткових пружинних шайб.

Ущільнення шарніра гусеничного ланцюга містить дві манжети 1 армовані пелюстковими пружинними шайбами 2 і встановлено на пальці 3.

Усередині ланки 4 гусеничного ланцюга встановлена втулка 5. Кінець пальця 3 встановлений у бобишке 6 поруч розташованої ланки.

Ущільнення працює в такий спосіб.

Обидві манжети своїми кромками 1 прилягають до бобишке 6 і втулці 5, а також один до одного, завдяки чому відбувається ущільнення шарніра. Манжети 1 мають необхідну пружність за рахунок того, що вони армовані пелюстковими пружинними шайбами 2 які мають великий хід. Така конструкція ущільнення дозволяє регулювати стиснення манжет 1 у великих діапазонах і забезпечує їх довговічність.

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

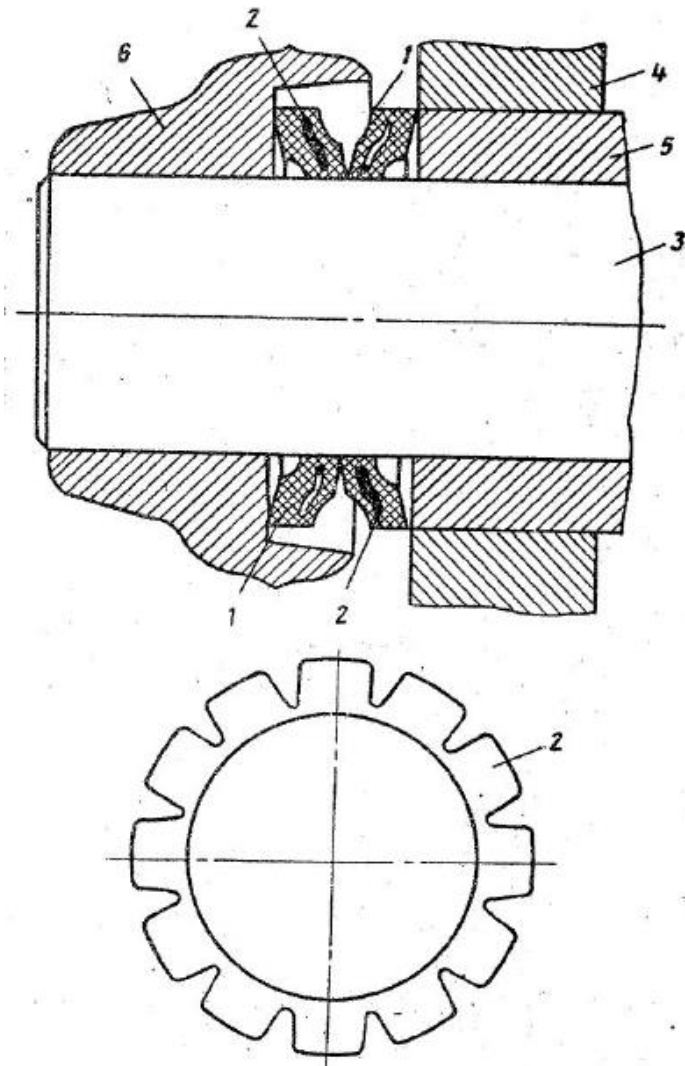


Рис 3.9 – До патенту [5]

Метою винаходу [6] є підвищення довговічності ущільнення.

Для цього втулка виконана з двох частин, зафіксованих від повороту навколо осі в середніх вухах другої ланки, а пружний підтискний елемент розміщений між частинами втулок.

Шарнір містить сполучний палець 1, запресований в отвори втулок 2, які зовнішньою поверхнею запресовані в отвори 3 бічних вушок 4 ланки 5. Палець 1 охоплюється втулками 6 середньої вуха 7 сполучного ланки 8. Втулки 6 встановлені в отвір. Для запобігання їх повороту щодо вуха профіль зовнішньої поверхні втулок виконаний шестигранним і відповідає профілю отвору вуха.

Ив. № дубл.	Ив. № инв. №	Подп. и дата
Ив. № подп.	Подп. и дата	Ив. № дубл.
Ли	Изм.	№ докум.
Подп.	Дат	

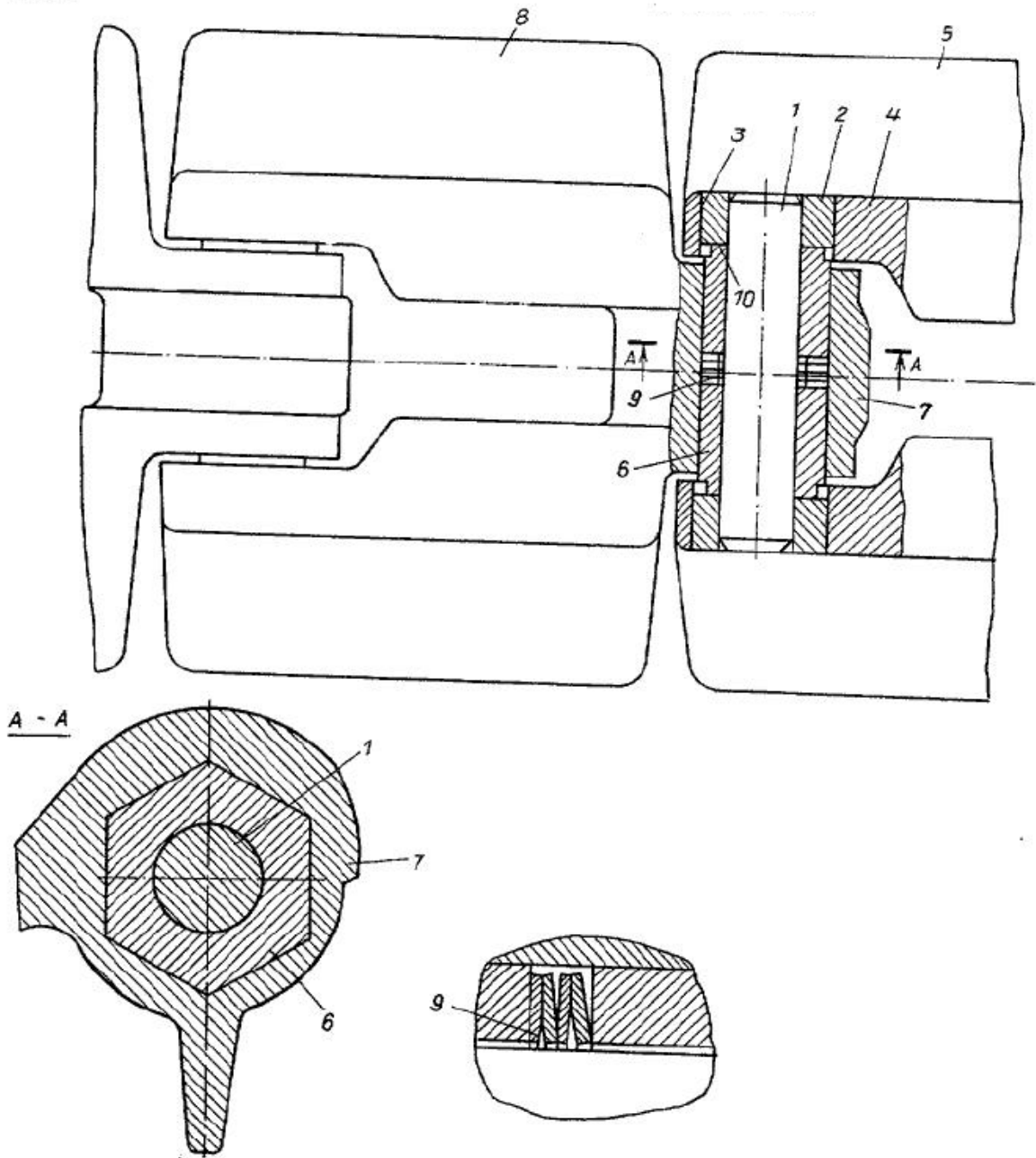


Рис 3.10 – До патенту [6]

Між втулками 6 встановлений пружний піджимний елемент 9 ущільнення, що охоплює палець, виконаний, наприклад, у вигляді конічних пружних шайб Бельвіля. Ущільнювальний елемент 10 утворений контактуючими поверхнями торців втулок 6 і 2 другої ланки, а пружний підтискний елемент розміщений між частинами втулок

Метою винаходу [7] є збільшення ККД, терміну служби та зменшення маси гусеничного ланцюга.

Це досягається тим, що гусеничний ланцюг забезпечений просоченими

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----



мастилом металокерамическими втулками, які прикріплені до пальця всередині вушок між ущільнювальними кільцями, а кільцеві виступи виконані у вигляді металевих шайб, прикріплених з обох сторін до кожної металокерамічної втулки.

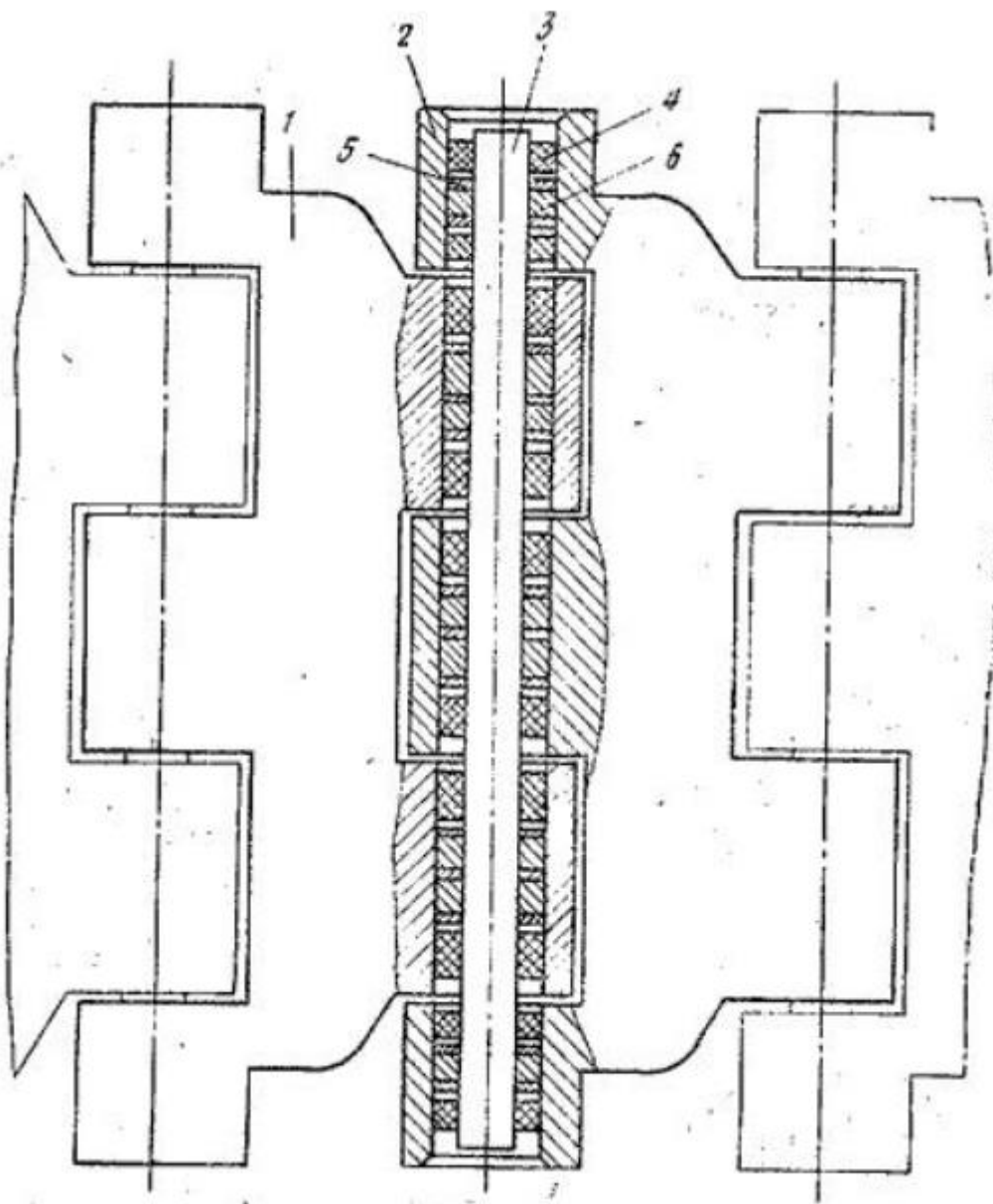


Рис 3.11 – До патенту [7]

Гусеничний ланцюг містить ланки 1, у кожному з яких є вуха 2, з'єднані пальцем 3. На пальці закріплені гумові ущільнювальні кільця 4 і виконані кільцеві виступи, що контактують з внутрішніми поверхнями вушок. Кільцеві виступи виконані у вигляді встановлених на пальці 3 сталевих шайб 5, між якими розмішені просочені мастилом металокерамічні втулки 6, прикріплені до шайб і пальця в процесі спікання.

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Виконання кільцевих виступів пальця у вигляді шайб 5 і розміщених між ними металокерамічних втулок 6, прикріплених до шайб і пальця, дозволяє збільшити здатність навантаження металокераміки, що дає, можливість застосувати її в таких високонавантажених вузлах, як гусениці,

У процесі експлуатації гусеничного ланцюга кільцеві виступи пальця зазнають високих питомих тисків і систематичного впливу динамічних навантажень. При цьому шайби 5 оберігають металокерамічні втулки від руйнування.

Гусеничний ланцюг працює в такий спосіб.

Тягове зусилля, що передається через гусеничний ланцюг, сприймається ланками 1 і вушками 2. Зусилля від двох сусідніх ланок передаються через металокерамічні втулки 6 і шайби 5, потім сприймаються пальцем 3 і таким же порядком передаються через втулки і шайби поруч. При цьому кільця 4 служать тільки для утримання мастила та як захист від попадання бруду та сторонніх предметів у зону тертя.

Просочення кільцевих виступів пальця 3 мастилом дозволяє збільшити термін служби гусеничного ланцюга при одночасному підвищенні ККД, так як коефіцієнт тертя, а отже, і зношування контактуючих ділянок кільцевих виступів пальців і вушок буде менше. При цьому мастило, що утримується в порах втулок 6, подається тільки в зону контакту кільцевих виступів з вушами і не шкідливо впливає на гумові кільця ущільнювачів.

Враховуючи, що металокерамічні втулки мають меншу щільність у порівнянні зі сталлю, зменшується вага кільцевих виступів приблизно на 20%, а отже, вага гусеничного ланцюга.

Метою винаходу [8] є підвищення довговічності та полегшення складання та розбирання гусеничного ланцюга.

Ине. № подп.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

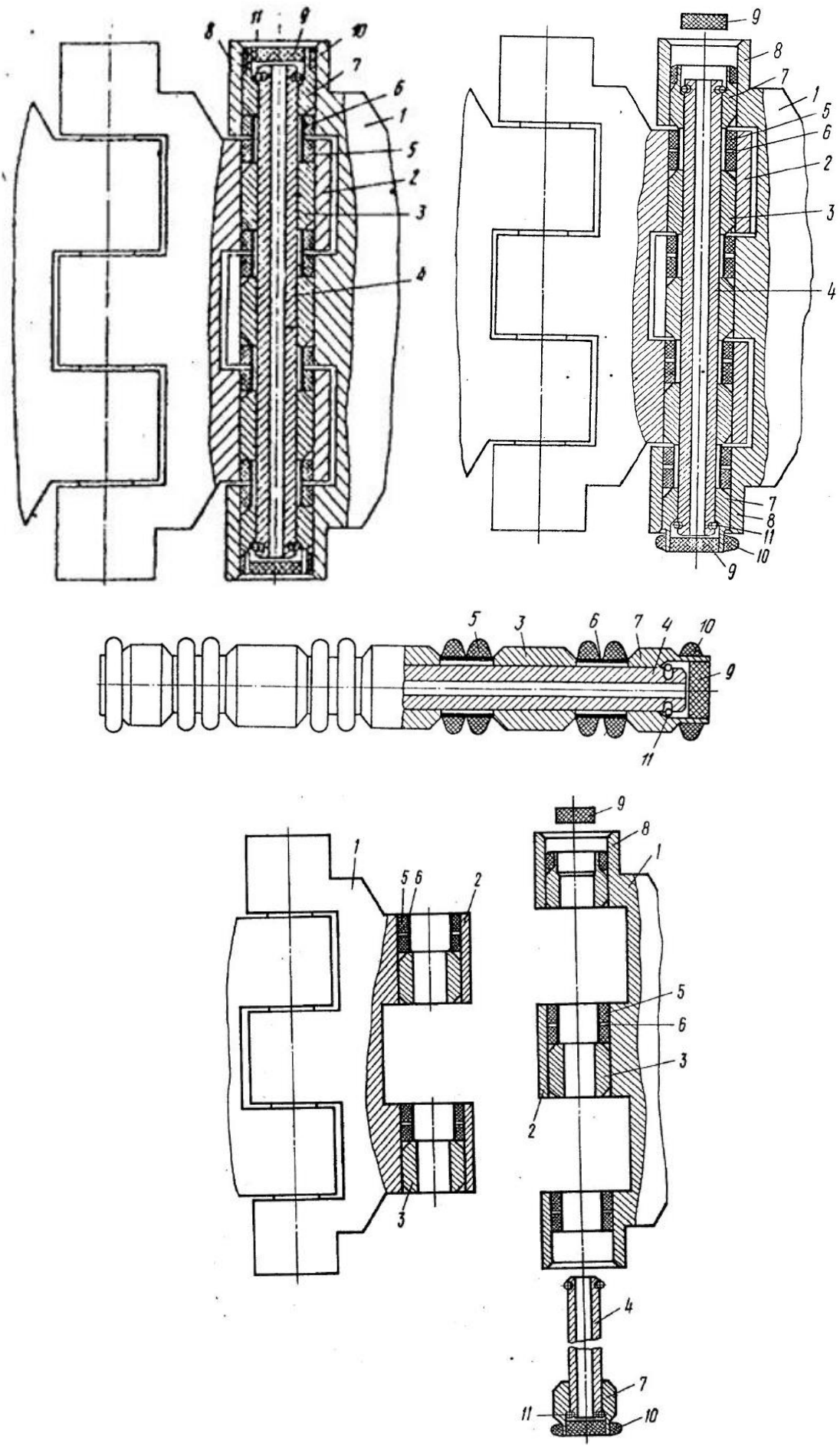


Рис 3.12 – До патнету [8]

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Гусеничний ланцюг містить ланки 1, в вуха 2 яких встановлені опорні втулки 3 з розміщеним в них з можливістю повороту пальцем 4. кріплені до основ, виконаних у вигляді розділових втулок 6, мають однакові розміри і вільно встановлених між торцями втулок 3 суміжних вушок на пальці 4. На кінцях опорних втулок 7 крайніх вушок 8 виконані кільцеві хвостовики, в отворах яких 9 а на зовнішній поверхні закріплені крайні ущільнювальні кільця 10. На кінцях пальця 4 виконані кільцеві проточки, в яких розміщені кільцеві пружини 11, виконані з дроту круглого перерізу і встановлені з можливістю утопання в проточках заподлицю з зовнішньої поверхні пальця . Кільцеві пружини 11 утримують палець 4 від осьового переміщення.

Опорні втулки 7 зафіксовані від переміщення в вухах 8 за рахунок натягу ущільнювальних кілець 10. Додатково переміщення їх обмежено в осьовому напрямку з одного боку роздільними втулками 6, а з іншого - кільцевими пружинами 11.

Зазор між внутрішньою поверхнею роздільних втулок 6 і пальцем 4 заповнений мастилом.

Гусеничний ланцюг працює в такий спосіб.

Тягове зусилля, що сприймається гусеничним ланцюгом від ведучого колеса транспортного засобу, передається від однієї ланки 1 до іншого через опорні втулки 3 і палець 4. Змащення, що знаходиться в зазорі між втулками 6 і пальцем 4, потрапляє до поверхонь пальця, що труться 3 і труться. підвищення ККД гусеничного ланцюга та зменшення зносу. Гумові ущільнювальні кільця 5 і 10. розділові втулки 6 і заглушки 9 перешкоджають попаданню до поверхонь пилу, що труться.

При початковій збірці гусеничного ланцюга вуха 2 суміжних ланок 1 поєднують. після чого в вуха запресовують палець у зборі.

Можливе також початкове складання ланцюга шляхом окремої установки опорних і розділових втулок у відповідний вушок з подальшим суміщенням вушок і установкою пальця 4 з крайньою опорною втулкою 7 .

При розбиранні гусеничного ланцюга палець у зборі спочатку переміщують уздовж осі вушок на половину довжини розділових втулок 6. При цьому зазори між

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ	Лист 60

розділовими і опорними втулками 6 і 3 поєднуються з зазорами між торцями суміжних вушок 2. а крайнє кільце 8 Потім витягають заглушку 9 і виштовхують палець 4 з втулок 3 в тому ж напрямку, при цьому кільцева пружина 11 утоплюється в проточку пальця і залишається в ній. Після цього суміжні ланки 1 легко розрізняються. Одна з крайніх опорних втулок 7 разом з заглушкою і крайнім кільцем ущільнювачів може вийти з пальцем, а всі інші опорні втулки 3 і розділові втулки 6 разом з кільцями ущільнювачів 5 залишаються в вушах ланок.

Повторне складання гусеничної мети проводиться у зворотному порядку: спочатку палець 4 з кільцевими пружинами 11 і з знаходиться на ньому крайньої опорної втулкою 7 встановлюється в отвори опорних втулок 3. що залишилися в вухах, а потім весь палець у зборі переміщається у зворотному напрямку половину довжини роздільної втулки, тобто. у вихідне становище.

У запропонованому пристрої при складанні та розбиранні гусеничного ланцюга ущільнювальні кільця 5 переміщуються всередині вушин 2 на незначну відстань - всього на половину довжини розділової втулки 6, і після вилучення пальця 4 і роз'єднання ланок 1 залишаються в вухах. Завдяки цьому полегшується процес складання та розбирання та зменшується ймовірність пошкодження ущільнювальних кілець та порушення ущільнення, внаслідок чого підвищується довговічність гусеничного ланцюга.

У результат патентного аналізу встановлено, що найефективнішою схемою удосконалення буде запропонована у авторському свідоцтві [4] а конструкція шарніру гусеневого ланцюга, у якій для підвищення надійності ущільнення і спрощення конструкції ущільнювач складається з металевої втулки, посаженої на палець траку, гумового кільця, привулканізованого до зовнішньої поверхні втулки, і металевого склянки, напресованого на гумове кільце і вушко траку.

### 3.2. Рекомендації щодо експлуатації гусеневого ходу гірничих машин

Ходова частина є важливим елементом гірничої машини, не зважаючи на те, що у більшості випадків робочий процес самої машини не пов'язаний з пересуванням. Головним елементом гусеневого ходу є саме гусенивий ланцюг, що

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ	Лист 61

інтенсивно зношується через контакт з гірською масою, що, у свою чергу, збільшує опір ходу.

Розробимо рекомендації з ефективної експлуатації гусеневого ходу, ґрунтуючись на результатах проведеного раніше аналізу математичної моделі гусеневого ходу.

Найнавантаженіша операція для елементів гусеневого ходу в цілому та для самої гусені зокрема є операція повороту. Загалом різкі повороти або несподіване обертання машини призводять до швидкого зношування та збільшення ймовірності нищпорення. Отже, під час пересування машини треба уникати непотрібних поворотів, необхідних широких поворотів та менш агресивно поводитися з обладнанням.

Ще одним моментом, що має суттєвий негативний вплив на працездатність гусеневого ходу є пересування та робота на схилах. У різі пересування схилом щоб мінімізувати загальний знос ланцюгів машина повинна рухатися так, щоб двигун був розташований ближче до задньої частини машини.

Уникайте роботи на нестійкій місцевості.

Такі матеріали, як асфальт, грубий бетон та інший абразивний ґрунт, можуть спричинити пошкодження гусениці.

Уникайте руху гусениці заднім ходом.

Ця операція трійок кількості пальців і втулок, які знаходяться під сталлю до сталі контакту, навантаженнями, і рухом, оскільки напруга передачі генерується із зірочки, на несучому ролику, навколо переднього шківів, вниз на землю. З іншого боку, єдині ланки ланцюга, які піддаються натягу приводу під час руху вперед, — це кілька ланок між нижньою частиною зірочки і першими кігтями, що впираються в землю.

Вивчіть операцію, яку потрібно виконати.

Зношування ланцюгів прямо пропорційне відстані та швидкості, тому ви повинні планувати свою роботу таким чином, щоб кожна виконувана операція була продуктивною і повністю необхідною.

За необхідності використовуйте кам'яні огорожі.

При роботі на дуже великій кам'янистій місцевості використовуйте кам'яні

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ

огорожі, щоб вони легко поміщалися між зубами зірочки та втулками гусениці або між ланками гусениці та ременем проміжного колеса. Захисні огорожі також допомагають направляти ролики та ролики при роботі на крутих схилах. Але бажано уникати кам'яних огорож, якщо ви працюєте в нормальних умовах. При роботі на ґрунтових або ущільнених поверхнях повнорозмірні прилади для каміння будуть вловлювати матеріал між роликами і ланками ланцюга, що призводить до скорочення терміну служби кожного елемента.

Як видно, неправильна робота обладнання може викликати безліч непотрібних витрат, які можуть призвести до надзвичайно високих рахунків за ремонт, тому рекомендується навчити операторів, оскільки вони несуть пряму відповідальність за виконання цих порад.

Инв. № подл.	Подп. и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.14Зс.01 ПЗ

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз діапазону основних параметрів гусеневого ходу гірничих машин потужних бурових верстатів шарошкового буріння, екскаваторів та бульдозерів;
2. Встановлено залежність потужності на гусені від маси машини, яка має нелінійний вид. Зі збільшенням маси потужність приводних двигунів прогнозовано збільшується. Встановлено, що у групи гідравлічних екскаваторів з масою від 200 до 400 т має надлишкову потужність двигунів гусеневого ходу, у групи екскаваторів з канатним напором з масою від 300 до 400 т навпаки потужність недостатня. У верстатів СБШ також спостерігається дещо знижена встановлена потужність.
3. Встановлено залежність швидкості пересування від маси машини, яка має нелінійний вид. Зі збільшенням маси швидкість пересування прогнозовано зменшується. Визначено дві групи машин – «швидкісні» та «повільні». Причому бурові верстати більшою мірою відносяться до «повільних машин», а гідравлічні екскаватори є повністю «швидкісними» машинами. Це може пояснюватися дещо підвищеною потужністю приводних двигунів цих екскаваторів.
4. Розроблено математичну модель гусеневого ходу, що визначає геометричні параметри гусені, опори руху, натягнення у гусені та необхідну потужність приводного двигну. Перевірено адекватність побудованої математичної моделі, порівнянням потужності приводних двигунів гусеневого ходу, визначену за допомогою регресійного рівняння і потужність, визначену за допомогою розробленої моделі;
5. Встановлено, що опір внутрішній у гусенях є найвагомішою складовою у визначення потрібного тягового зусилля і складає 37,9-39,1%. Величина опору залежить від коефіцієнту внутрішнього опору у гусенях. Конструктивно вплинути на величину опору можливо, зменшивши значення цього коефіцієнту за рахунок зменшення тертя у вузлах

Ив. № подп.	Подп. и дата
Ив. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Ли	Изм.
№ докум.	Подп.
Дат	



гусеничного приводу, наприклад у підшипниках катків, у шарнірах ланок гусені;

6. Встановлено, що опір інерції при троганні з місця є найменшою складовою у загальному визначенні потрібного тягового зусилля і складає 2,4-2,9%. Він залежить від часу розгону та потрібної швидкості ходу. Конструктивно вплинути цей опір не можливо, оскільки він визначають вихідними даними;
7. Встановлено, що опір коченню має вагому величину і складає 11-13% та цілком залежить від значення коефіцієнту опору кочення. Конструктивно вплинути на значення цього коефіцієнту не можливо, оскільки він залежить від властивостей поверхні, якою пересувається машина;
8. Встановлено, що опір підйому цілком має досить вагому величину, що складає 19,5-21% від загальної величини тягового зусилля. Величина опору залежить від кута підйому та маси, отже змінити його конструктивно не має можливості;
9. Встановлено, що опір повороту навколо однієї гусені складає 24,5-25,1% від загальної величини потрібного тягового зусилля. Опір в основному залежить від властивостей ґрунту, яким пересувається машина, але конструктивно можна дещо зменшити цей опір, вплинувши на якість шарнірів ланок гусенів, щоб зменшити тертя у них;
10. Встановлено на основі проведеного аналізу складових опорів потрібного тягового зусилля, що для їх зниження потрібно зменшити тертя у деталях та вузлах гусеничного ходу.
11. Розроблено рекомендації щодо удосконалення конструкції гусені. Встановлено, що найфективнішим буде поліпшення герметичності з'єднань ланок гусені;
12. Розглянуто низку патентів та авторських свідоцтва та рекомендовано запропонована у авторському свідоцтві [4] конструкція шарніру гусеневого ланцюга, у якій для підвищення надійності ущільнення і спрощення конструкції ущільнювач складається з металевої втулки, посаженої на палець траку, гумового кільця, привулканізованого до

Ине. № дубл.	Ине. № инв. №	Подп. и дата	Подп. и дата	Ине. № подп.	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.24.143с.01 ПЗ	Лист
											65

зовнішньої поверхні втулки, і металевого склянки, напресованого на гумове кільце і вушко траку.

13. Розроблено рекомендації з ефективної експлуатації гусеневого ходу, ґрунтуючись на результатах проведеного раніше аналізу математичної моделі гусеневого ходу.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	