

– невелике напрацювання алмазного каната при видобуванні гранітних блоків, яке, можливо, в майбутньому буде збільшено внаслідок удосконалення алмазного каната.

Вказані переваги дають підстави припустити, що внаслідок застосування і подальший розвиток не металомістких, мобільних, зручних в обігу алмазно-канатних установок беззаперечні.

4.1. Робочий орган канаторізальних установок

4.1.1 Конструкція алмазних канатів

Робочі органи алмазно-канатних пилок являють собою систему з нескінченного (замкнутого) несучого сталевого каната, на який в певній послідовності нанизані різальні елементи у вигляді втулок, на зовнішній поверхні яких за допомогою металевої зв'язки закріплені алмазні зерна.

Конструкційно алмазний канат складається з декількох звитих сталевих ниток з сумарним діаметром 5 мм. На канат з певною відстанню одна від одної нанизані алмазні втулки, або як їх ще називають алмазні перлини. Конструкція алмазного каната показана на *рис. 29*.

Алмазні втулки – це малогабаритні сталеві циліндри, вкриті алмазною крихтою і розташовані з розділовими елементами у вигляді пружини, пластичного матеріалу або гуми.

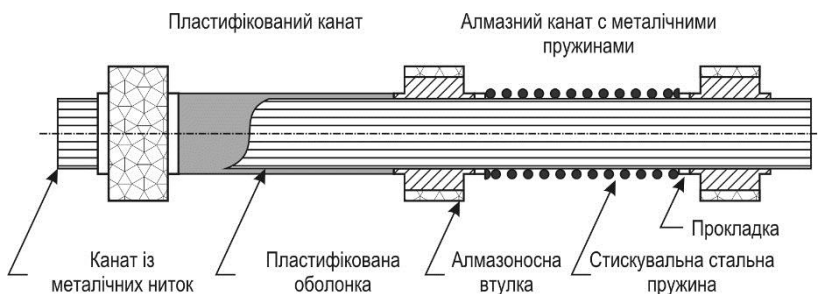


Рис. 29. Конструкція алмазного каната

Конструкція циліндричної алмазної втулки представлена на *рис. 30*.

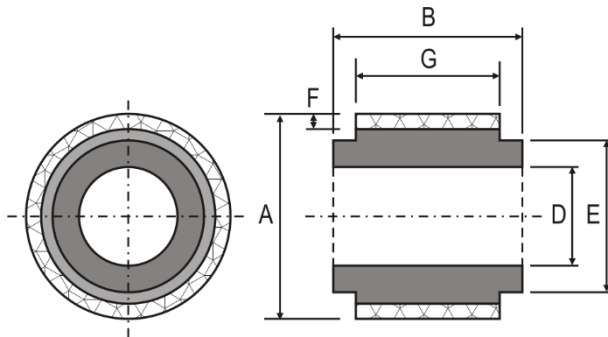


Рис. 30. Конструкція циліндричної алмазної втулки

A – зовнішній діаметр втулки; *B* – довжина втулки;
C – довжина алмазовмісного шару; *D* – діаметр внутрішнього отвору;
E – діаметр основи; *F* – товщина алмазоносного шару

Основні види алмазних втулок наведені на *рис. 31*.

Характеристики алмазовміних втулок наведені в *табл. 9*.

За способом нанесення алмазоносного шару існують два основні типи алмазних втулок: з гальванічним покриттям і агломеровані (спечені).

На втулках з гальванічним покриттям алмазний порошок закріплюється до нижче розташованого циліндра за допомогою електролітичного покриття. В результаті виходить одинарний шар окремих кристалів (завтовшки 1–2 мм) з особливими абразивними властивостями. Як зв'язка є нікель.

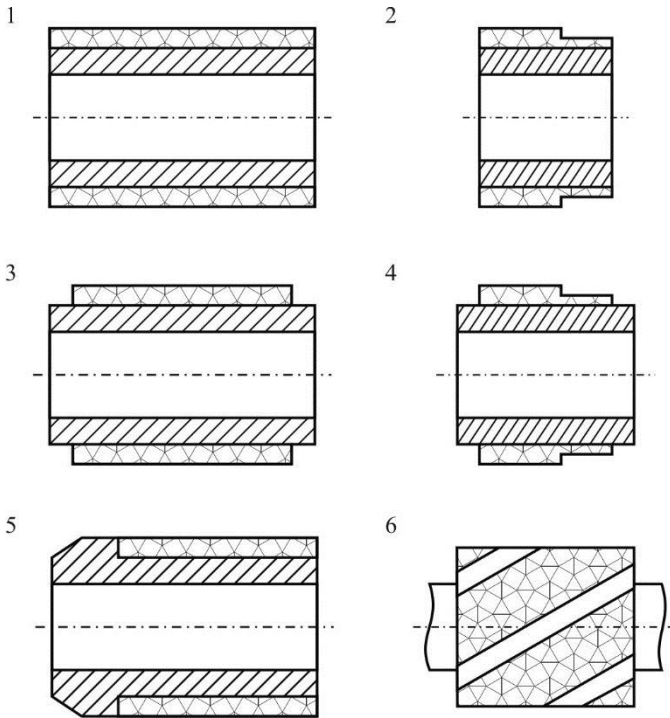


Рис. 31. Види алмазних втулок

- 1 – циліндрична без буртика; 2 – ступінчаста без буртика;
 3 – циліндрична з буртиком; 4 – ступінчаста з буртиком;
 5 – циліндрична з одностороннім буртиком;
 6 – з гвинтоподібною різальною поверхнею*

На агломерованих (також просочених) втулках алмазні кристали змішуються з металевими порошками (кобальту і бронзи) і спікаються поки не утворять кільцевий шар, який покриває нижче розташований металевий циліндр. Крихітні алмази розсіяні до певної глибини (не на одному рівні) і зазвичай за розмірами частинок менші, ніж для електролітичного покриття.

Характеристики алмазних втулок

Найменування	Переваги	Недоліки
Циліндрична без буртика	Простота конструкції. Зменшення маси деталі	Потрібні додаткові кільця прокладок
Ступінчаста без буртика	Те саме	Складніше виготовлення. Потрібні додаткові кільця прокладок
Циліндрична з буртиком	Відсутність шайб. Простота збирання контуру	Збільшення маси деталі
Ступінчаста з буртиком	Те саме	Збільшення маси деталі. Більш складне виготовлення
Циліндрична з одностороннім буртиком	Простота збирання контуру. Зменшення зносу алмазного шару при русі контуру в бік буртика	Складніше виготовлення
З гвинтоподібною ріжучою поверхнею	Рівномірний знос завдяки примусовому обертанню втулки навколо осі	Складніше виготовлення

Алмазозносні покриття зазвичай мають розмір від 10 до 11 мм в діаметрі, нанесені на металеві втулки, які, в свою чергу, розташовуються на тросі діаметром 5 мм. Втулки з меншими діаметрами застосовують в стаціонарних установках, де для різання граніту використовуються діаметром навіть 8 чи 6 мм.

Термін служби агломерованих втулок більший, оскільки вони працюють до повного стирання алмазозносного шару і зв'язки. У втулок з гальванічним покриттям спрацьовується тільки алмазний шар, а основа не порушується.

Алмазний канат з втулками з гальванічним покриттям може працювати з двигуном потужністю не більше 18 кВт, для охолодження йому достатньо 10–12 л води за хвилину. Алмазний канат на агломерованих втулках має триваліший термін служби (в 2 рази), здатний різати тверді породи каменю. Такі канати мають

однакову продуктивність розпилювання протягом всього терміну роботи, але для цього необхідний двигун потужністю більше 29 кВт, а витрата води для охолодження – 20–50 л/хв.

Порівняльна характеристика термінів роботи алмазних канатів, оснащених втулками різної конструкції представлена в *табл. 10*

Таблиця 10

Терміни роботи і продуктивність алмазних канатів

Вид каменю	Продуктивність різання, м ² /хв	Термін служби алмазного каната з втулками, м ² /м	
		з гальванічним покриттям	виготовленим і методом спікання
Туф	20–30	–	15–20
Травертин	10–17	50–80	70–120
Кристалізований мармур	8–15	30–50	40–80
Щільний вапняк	5–12	15–45	35–70
Сланець	4–10	–	10–50
Окварцований мармур	3–10	–	15–35

За конструкцією алмазний канат поділяють на три види.

Перший – між втулками розміщені кільця прокладок і стискувальна пластина. Стискувальні пружини і втулки чергуються, через кожні 4–5 втулок, встановлюється фіксатор, який слугує для утримання втулок від проковзування, яке викликається послідовним затисканням і розтягуванням пружин і для запобігання їхньому розльоту у разі розриву троса. Кільця прокладок регулюють відстань між алмазними втулками для створення оптимального режиму різання. Область застосування такого каната – малоабразивні породи.

Другий – відрізняється тим, що простір між втулками покривається пластиком в гарячому вигляді під високим тиском, він називається пластифікованим. Такий пластик виконує функцію заповнювача простору між втулками і захищає мікроскопічні проміжки між тросом і внутрішнім діаметром циліндра. Ця система розроблена у минулому для захисту троса від дії дуже абразивних порід (гранітів).

Третій – весь канат разом з втулками одягнений в гумову оболонку, тому він називається загумованим.

4.1.2. Конструкція несучого канату

Ефективність алмазно-канатного розпилювання багато в чому залежить від несучого каната (*рис. 32*). Несучий канат – це гнучка стрижнева основа, на яку нанизуються алмазно-різальні і проміжні елементи. Несучий канат має мати високі показники з такими характеристиками, як міцність на розрив, пластичність, адгезійна здатність стосовно до покриття з гуми або пластика і довговічність.

Для сучасних гнучких алмазно-різальних інструментів як несучий елемент використовують шестипасмовий сталевий канат. Конструкція пасма складається з одного або декількох центральних і декількох дротів, які звивають. Цим вимогам відповідає канат за ГОСТ 2172-84 (авіаційний канат).

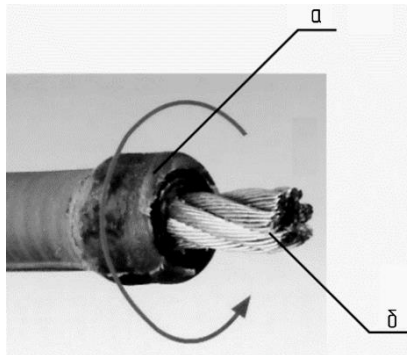


Рис. 32. Будова алмазного каната
а – алмазна втулка; б – несучий канат

Здатність каната зберігати працездатність до граничного стану, тобто до зняття його з експлуатації визначає довговічність. На термін роботи каната впливають такі чинники, як конструкція каната, фізико-механічні властивості складових його дротів, властивості оброблених порід, режим експлуатації і виконаний обсяг роботи.

Сталеві канати знімають з експлуатації в основному через утомні явища. В реальних умовах утомні показники значно понижуються

через корозію і абразивне зношування зовнішніх дротів сталевих канатів.

Боротьба з корозією здійснюється шляхом застосування дротів з антикорозійним покриттям, наприклад, оцинкованих дротів. Інколи (якщо це допустимо за умов експлуатації каната) це питання вирішується шляхом нанесення в процесі виготовлення канатів спеціальних мастил.

Підвищення абразивної зносостійкості канатів досягається за допомогою конструктивних вирішень, а саме, зовнішні дроти пасм каната мають більший діаметр, ніж внутрішні. В цьому разі ступінь зменшення діаметра каната, а також зовнішніх дротів значно зменшується. Іншим важливим напрямом підвищення абразивної зносостійкості канатів є застосування зносостійких дротів з високовуглецевих марок сталі. Висновком численних експериментів з цього питання є те, що відносна зносостійкість (величина, зворотна зношенню) пропорційна твердості металу. Ступінь пропорційності залежить від того, яким способом забезпечується твердість металу (легування вуглецем, термообробкою, наклепом). На працездатність канатів впливає тип пасм (тип дотику дротів в пасмах). Найбільшу працездатність мають пасма з лінійним дотиком дротів (ЛД). У пасм типу ЛТ зустрічаються різновиди з використанням дротів заповнення (дротів малого діаметра всередині пасм) (тип ЛД-3) і дротів однакового діаметра в шарах (тип ЛТ-О). Пасма типу ЛД-3 мають значну кількість зон дотику дротів. Завдяки цьому зменшується питоме навантаження на одну зону дотику дротів. Це знижує контактне напруження, сприяючи розвитку утомних тріщин в дротах. Крім того, виключається розклинююча дія дротів суміжних шарів від радіальних навантажень каната. Меншу працездатність мають пасма з точковим дотиком дротів між шарами (ТД). Пасма типу ТД характеризують значні контактні напруження, які сприяють розвитку утомних тріщин в дротах. Деякі основні різновиди пасм показані на *рис. 33*.

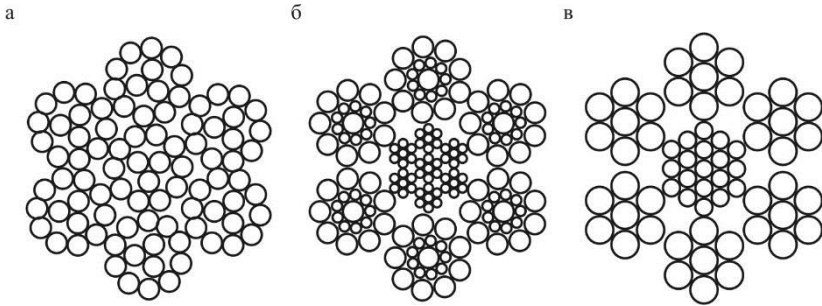


Рис. 33. Конструкції пасм несучих канатів
a – тип ТК; б – тип ЛК-0; в – тип ЛК-3

4.1.3. Способи кріплення алмазних втулок

Переваги і недоліки способів кріплення алмазно-різальних елементів на несучому канаті наведені в *табл. 11*.

Таблиця 11

Способи кріплення алмазно-різальних елементів на несучому канаті

Спосіб кріплення алмазно-різальних елементів	Переваги	Недоліки
Пружинами	Спрощується закріплення. Зберігається гнучкість каната	Збільшується маса робочого органа. Під дією сили різання зміщуються різальні елементи
Фіксаторами (шплінтами)	Зменшується маса робочого органа	Ускладнюється закріплення. Зменшується міцність каната. Спостерігається биття робочого органа
Припаюванням різальних елементів до	Те ж	Спостерігаються биття робочого органа і обрив каната в місцях спайки

каната		
Гумованим шаром без обтискних втулок*	Ліквідується биття і збільшується термін служби робочого органа. Поліпшується якість розпилу. Знижується рівень шуму. Добре виводиться шлам	Під дією сили різання через погане зчеплення гуми з канатом різальні елементи зміщуються
Обтискними втулками і пружинами	Те ж	Збільшується маса робочого органа
Гумованим шаром з обтискними втулками*	Те ж	Те ж

Примітка.

* Останнім часом замість шару гуми застосовується поліуретановий шар. При цьому відсутній зсув різальних елементів і поліпшується захист каната від зносу.

Нині існує чимало технологічних вирішень з'єднання та монтажу алмазного каната.

Кріплення каната пружинками здійснюється за допомогою алмазних втулок, пружин, з'єднувальних затискних втулок, які нанизуються на несучий гнучкий трос поперемінно; далі пружинки натягують елементи каната між собою, а затискні втулки фіксують алмазно-різальні елементи в єдину гнучку систему. Для кращого позиціонування алмазно-різальні втулки мають з обох боків отвору конусоподібні буртики; затискні втулки відповідно виготовлені таким чином, щоб легко і надійно фіксувати алмазно-різальні втулки на несучому канаті. З'єднані в такий спосіб канати, переважно, використовують на мармурових кар'єрах. У разі зношення несучого троса алмазний канат може бути перемонтований на місці роботи. Під час різання мармуру термін експлуатації алмазно-різальних втулок більший, ніж практичний строк експлуатації несучого каната.

Кріплення каната за допомогою дистанційної втулки і заповнення пластиковим наповнювачем. Алмазно-різальні елементи цього типу

мають спеціальний отвір з відповідно виточеними пазами, щоб забезпечити заповнення поліуретану між алмазною втулкою і несучим канатом. Внаслідок цього металева втулка безпосередньо не контактує з несучим канатом і не спричиняє перетирання каната. Перевагою цього типу будови каната є те, що захисний пластиковий шар оберігає несучий канат від надзвичайно абразивних частинок різаної породи. До того ж у випадку розриву каната алмазно-різальні втулки залишаються на канаті, що у каната з пружинами не гарантовано. Недоліком такого канату є перегрів каната, внаслідок чого пластик плавиться, а це, у свою чергу, розріджує нормативний інтервал між алмазно-різальними втулками. Тому канати такого типу застосовують на стаціонарних машинах, де існує можливість контрольованого охолодження каната водою.

Кріплення каната за допомогою гуми. Як і у випадку з пластиком, між алмазно-різальними втулками на канаті вулканізують гуму, яка заповнює простір між втулками та між втулкою і несучим канатом.

Перевагою цього способу є велика еластичність конструкції і стійкість щодо перегріву. Тому такі канати застосовують для роботи за дуже важких умов, наприклад на гранітних кар'єрах, де існує небезпека пошкодження алмазно-різального каната внаслідок його втоми або браку водяного охолодження. Натомість недоліками цього способу кріплення є більші витрати та трудомісткість з'єднання каната, який перед монтажем необхідно ретельно очищувати.

Змішаний спосіб заповнення проміжків і монтажу каната: пружинки і пластик, або гума. Такий спосіб часто застосовують при використанні уживаних алмазних канатів при важких технологічних умов: на кар'єрах граніту або при профільному різанні. Перевагою цього технологічного вирішення є захищеність несучого каната від шкідливого впливу абразивних частинок породи і водночас велика міцність на часте згинання каната (пружинки завжди утримують алмазні втулки на відповідному місці).

Для закріплення різальних елементів в найпоширеніших варіаціях використовуються обтискні втулки. Сила опору зсуву обтискних втулок уздовж каната складає 1000–1500 Н, в той час, як сила різання рівна 100–150 Н. Сила різання менша сили опору обтискних втулок. Фіксацію різальних елементів здійснюють обтисканням втулок із зусиллям, рівним 1/16–1/10 розривного зусилля каната. Після цього на поверхні каната розташовують проміжні елементи (пружини або шар гуми чи поліуретану). Гумований шар контуру АКП за відсутності обтискних втулок під впливом різальних елементів зміщується.

В процесі досліджень і експлуатації у виробничих умовах найкращі результати дали контури з пружинами і обтискними втулками, гумовані з обтискними втулками і з поліуретановими покриттями і обтискними втулками.

4.1.4. Способи з'єднання несучих канатів

Переваги і недоліки способів кріплення несучих канатів наведені в *табл. 12*. В процесі експлуатації у виробничих умовах найкращі результати дали контури з обтискними втулками.

Таблиця 12

Способи з'єднання несучих канатів

Діаметр каната, мм	Спосіб з'єднання	Переваги	Недоліки	Середнє розривне зусилля *, кН	
3,6**	Зчлювання на довжині 1,5 м	Відсутність потовщення в з'єднуваній частині	Опір каната розриву в місці зчлювання визначається міцністю з'єднаних дротів	11,0	5,5
3,6***	Вилка з пайкою	Простота виготовлення. Збереження основного діаметра	Невелика гнучкість несучого каната. Відносно невисока міцність на розрив	6,0	3,0
6,0 3,6	Просмикування пасм	Те ж	Невисока міцність на розрив. Збільшення діаметра каната в місці зчлювання. Складність виготовлення	16,0 11,5	6,5 4,6
3,6	Утворення замкнутого контуру за допомогою одного пасма	Висока міцність на розрив (міцність рівна приблизно розривному зусиллю цілого каната)	Складність виготовлення. Значна витрата каната	11,5	11,4

Продовження табл.12

3,6 2,6	Петлею з обтискними втулками	Простота виготовлення. Висока міцність на розрив. Забезпечення рівноміцного каната	Недостатня жорсткість конструкції	11,5 6,0	11,5 6,0
3,6 2,6	Внапуск обтискними втулками	Те ж	Малий термін служби каната	11,5 6,0	11,5 6,0
5,1 3,6	Замком з двох втулок	Невелика довжина (20 мм) корпусу замка. Значне розривне зусилля	Надійність конструкції значною мірою залежить від якості виготовлення	24,0 11,5	16,5 6,4
6,1 3,6	Звивання сталок з обтискними втулками	Значне розривне зусилля	Відносна складність виготовлення	36,5 11,5	25,0 6,3
5,1 3,6	Нарізне	Простота виготовлення	Відносно невисока міцність на розрив	24,0 11,5	11,0 5,0
5,1 3,6	Обтискною втулкою	Простота виготовлення. Невелика довжина (20 мм) втулки. Значне розривне зусилля	Найпоширеніший спосіб	24,0 11,5	14,5 7,0

Найпоширенішим способом з'єднання алмазного каната є обтиснення його кінців металевою втулкою.

Для з'єднання каната використовують втулки різних модифікацій, основні з яких наведені на *рис. 34*.

Для з'єднання каната способом металевих втулок використовують гідравлічні (*рис. 35*) і ручні преси (*рис. 36*). Для відрізування каната – ножиці (*рис. 37*).



Рис. 34. Металеві втулки для з'єднання каната



Рис. 35. Гідравлічний прес для з'єднання каната



Рис. 36. Ручний прес для з'єднання каната



Рис. 37. Ножиці

Технічні характеристики пресів для з'єднання канатів наведені в *табл. 13.*

Таблиця 13

Технічні характеристики пресів для обтискання алмазних канатів

Марка преса	Зусилля обтискання	Тип преса	Кінцевий діаметр обтискання, мм	Ширина робочого органа, мм
Pellegrini	5 тонн		6,3 і 7,5–8	12
			7,5–8 і 9	16
			7,5–8 і 9,5	8
СМО	20 тонн		6,3 і 7,5–8	12
			7,5–8 і 9	16
			7,5–8 і 9,5	8
Simel	8 тонн		7,5–8 і 9	16
			7,5–8 і 9,5	8
Сembere HT45	4,5 тонн		7,5 і 8	5
			9	5
			9,5	5

Роботи для з'єднання каната проводять в наступному порядку.

1. Відрізають канат необхідної довжини таким чим, щоб різ був біля алмазного сегмента, як це показано на *рис. 38*.

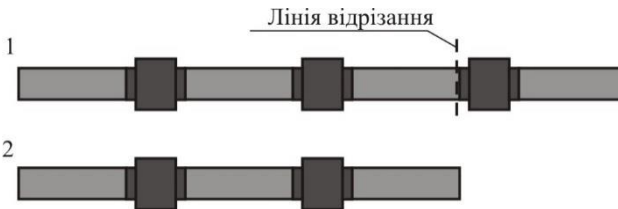


Рис. 38. Схема відрізання алмазного каната
1 – цілий алмазний канат; 2 – відрізаний алмазний канат

2. Відрізані кінці каната зачищають від гуми або пластику, залишають біля напайки 4–5 мм гумового (пластикового) шару, як це показано на *рис. 39*.

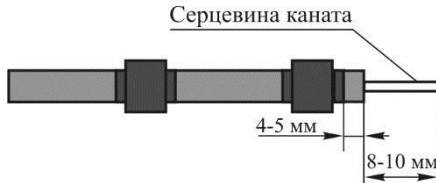


Рис. 39. Схема зачищення алмазного каната від гумової (пластикової) оболонки

3. Два кінці каната з'єднують у втулці і обтискаються пресом. Залежно від ширини робочого органа преса розрізняють дві схеми обтискування каната. На *рис. 40* показана схема обтискування алмазного каната металевими втулками пресами типу Sembere HT45 (5 тонн), Simel (8 тонн), СМО (20 тонн) з шириною робочого органу 5, 8 мм. На *рис 41* показана схема обтиснення алмазного каната металевими втулками пресами типу Sembere HT45 (4,5 тонн), Simel (8 тонн), СМО (20 тонн), Pellegrini (5 тонн) з шириною робочого органу 12, 16, 18 мм.

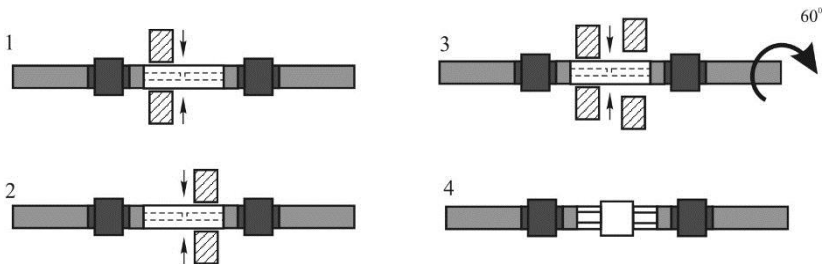


Рис. 40. Схема послідовності обтискування алмазного каната металевими втулками пресами типу Sembere HT45 (5 тонн), Simel (8 тонн), СМО (20 тонн) з шириною робочого органу 5, 8 мм