

Код МРНТИ 52.45.25

*А. Доберсек, А. Кирнарский, А. Райш

«Инжиниринг Доберсек ГмбХ» (г. Менхенгладбах, Германия)

СГУЩЕНИЕ ХВОСТОВОЙ ПУЛЬПЫ НА ЮЖНОМ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОМ КОМБИНАТЕ

Аннотация. Приведен гранулометрический состав хвостов обогащения компании ЮГОК и исходные характеристики хвостовой пульпы. Изложена методика и приборное оформление лабораторных и пилотных исследований сгущения хвостовой пульпы в скоростном режиме. Описан состав и принцип работы технологического комплекса сгущения, а также порядок запуска в эксплуатацию комплекса сгущения хвостовой пульпы. Приведены достигнутые технические показатели сгустителя HRT-62. В работе по запуску и наладке комплекса приняли участие профильные специалисты (инженеры-механики, системотехники, гидротехники, электрики комбината ЮГОК и ряда зарубежных фирм). Представлены результаты приемочных испытаний и комплексного опробования комплекса сгущения на основе высокоскоростных сгустителей HRT-62, которые при работе на хвостовой пульпе ЮГОКа подтвердили проектные технологические показатели по удельной нагрузке (0,4-0,45 т/(м²·ч), уплотнению осадка до 57-63%, чистоте слива менее 150 мг/л. Комплекс сгущения обеспечивает процент водооборота на уровне 95%. Реализация данного проекта позволяет организовать внутриводный водооборот, при котором максимальное использование оборотных вод достигается сгущением хвостовой пульпы в сгустителях HRT-62 до содержания твердого 57-63% и применением осветленной воды для технологических целей.

Ключевые слова: хвостовая пульпа, сгущение, слив, сгущенный продукт, водооборот, гранулометрический состав, содержание твердого.

Оңтүстік тау-кен байыту комбинатында құйрық целлюлозасын қоюлату

Аннотация. ОТКБК компаниясының байыту құйрықтарының гранулометриялық құрамы және құйрық целлюлозасының бастапқы сипаттамалары келтірілген. Құйрық целлюлозасын жылдамдық режимінде қоюлатудың зертханалық және пилоттық зерттеулерінің әдістемесі мен аспаптық дизайны көрсетілген. Қоюландырудың технологиялық кешенінің құрамы мен жұмыс принципі, сондай-ақ құйрық целлюлозасын қоюландыру кешенін пайдалануға беру тәртібі сипатталған. HR-62 қоюландырығышының қол жеткізілген техникалық көрсеткіштері келтірілген. Кешенді іске қосу және баптау жұмыстарына бейінді мамандар (инженер-механиктер, жүйелік техниктер, гидротехниктер, ОТКБК комбинатының электриктері және бірқатар шетелдік фирмалар) қатысты. Кабылдау сынақтарының нәтижелері және HRT-62 жоғары жылдамдықты Қоюландырығыштар негізінде қоюландыру кешенін кешенді сынау ұсынылды, олар ОТКБК-ның құйрық целлюлозасында жұмыс істеген кезде меншікті жүктеме (0,4-0,45 т/(м²·сағ), тұнбаны 57-63% дейін тығыздау, ағызу тазалығы 150 мг/л-ден аз жобалық технологиялық көрсеткіштерді растады. қоюландыру кешені су айналымының пайызын 95% деңгейінде қамтамасыз етеді. Бұл жобаны іске асыру зауытшілік су айналымын ұйымдастыруға мүмкіндік береді, бұл ретте айналымдағы суларды барынша пайдалануға HRT-62 қоюлатқыштарындағы құйрық целлюлозасын қатты 57-63%-ға дейін қоюлату және технологиялық мақсаттар үшін тазартылған суды қолдану арқылы қол жеткізіледі.

Түйінді сөздер: құйрық целлюлозасы, қоюлану, ағызу, қоюландырылған өнім, су айналымы, гранулометриялық құрамы, қатты құрамы.

Thickening of tail pulp at the southern mining and processing plant

Annotation. The granulometric composition of the tailings of the SM&PP enrichment company and the initial characteristics of the tail pulp are given. The methodology and instrumentation design of laboratory and pilot studies of tail pulp thickening in high-speed mode are described. The composition and principle of operation of the technological thickening complex, as well as the procedure for commissioning the tail pulp thickening complex, are described. The achieved technical indicators of the HRT-62 thickener are given. Specialized specialists (mechanical engineers, system engineers, hydraulic engineers, electricians of the SM&PP combine and a number of foreign companies) took part in the work on the launch and commissioning of the complex. The results of acceptance tests and complex testing of the thickening complex based on HRT-62 high-speed thickeners, which, when working on the tail pulp of the tank, confirmed the design technological indicators for specific load (0.4-0.45 t/(m²·h), sediment compaction up to 57-63%, drain purity less than 150 mg/l, are presented. The condensation complex provides a percentage of water turnover at the level of 95%. The implementation of this project makes it possible to organize an intra-factory water circulation, in which the maximum use of circulating water is achieved by thickening the tail pulp in HRT-62 thickeners to a solid content of 57-63% and using clarified water for technological purposes.

Keywords: tail pulp, thickening, draining, condensed product, water circulation, granulometric composition, solid content.

Введение

Южный горно-обогатительный комбинат первым среди горно-обогатительных комбинатов Кривбасса разработал, построил и запустил в эксплуатацию комплекс сгущения хвостовой пульпы (рис.1). Такой проект не имеет аналогов в Украине. Его реализация позволяет сократить объем шламов, складываемых в хвостохранилище, в 10 раз, а потребление электроэнергии – до 40%.

Проектную документацию предоставил государственный институт «УкрНИИводоканалпроект». Генеральный технолог проекта – фирма Engineering Dobersek GmbH. Генеральный строительный подрядчик «СУ-7». Комплекс сгущения рассчитан на обработку 500 млн. м³ исходной хвостовой пульпы или 22,55 млн. т хвостов в годовом измерении и включает три высокоскоростных сгустителя HRT-62, коробку распределения хвостов (КРХ), объединенную пульпонасосную станцию (ОПНС), центробежные насосы: для откачки сгущенного продукта из под сгустителей типа 14/12 FY АН WRT и дальнейшей его подачи на хвостохранилище типа 20/18 НР-АНР, арматура, пульпопроводы, силовое электрооборудование, приборы контроля и автоматизации технологических процессов.

1. Вещественный состав хвостов обогащения

Результаты ситового анализа хвостов ЮГОКа приведены в таблице 1.

Таблица 1

Гранулометрический состав хвостов ЮГОКа

Кесте 1

ОТКБК құйрықтарының гранулометриялық құрамы

Table 1

Granulometric composition of the tailings of the fungus SM&PP

Класс крупности, мм	Выход классов, %	Класс крупности, мм	Выход классов, %
1,0-3,0	0,6	0,05-0,07	5,4
0,5-1,0	2,2	0,02-0,05	28,8
0,2-0,5	9,3	0,002-0,02	37,8
0,1-0,2	5,2	0,001-0,002	3,44
0,07-0,1	5,9	0,000-0,001	1,36
		Итого	100,00



Рис.1. Комплекс сгущения хвостовой пульпы на ЮГОКе.
Сурет 1. Оңтүстіктегі каудальды целлюлозаны қоюландыру кешені ОТКБК-да.
Fig. 1. Tail pulp thickening complex in SM&PP.

Плотность твердой фазы хвостовой пульпы определялась пикнометрическим методом и составила 2950 кг/м³. Содержание твердого определялось методом выпаривания и равнялось 4,0-5,0%. Химический состав твердой фазы хвостовой пульпы представлен в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав твердой фазы хвостовой пульпы ЮГОКа

Кесте 2

ОТКБК -ның құйрық целлюлозасының қатты фазасының химиялық құрамы

Table 2

Chemical composition of the solid phase of the tail pulp of SM&PP

Компоненты	Содержание, %
Fe _{общ}	12,1-13,5
SiO ₂	64,2-60,7
CaO	2,6-3,7
MgO	4,8-5,6
Al ₂ O ₃	0,6-1,4
P	0,06-0,09
S	0,11-0,3
потери при прокаливании	9,5-11,8

2. Лабораторные и пилотные исследования сгущения хвостовой пульпы

На первом этапе проводились статические исследования на предмет определения скорости осаждения хвостов по методу Коу Клевенджера в стеклянных цилиндрах вместимостью 1000 мл. Седиментационные опыты проводились в «чистом виде» при естественной скорости осаждения частиц без добавления флокулянтов и в режиме ускоренного сгущения при добавлении флокулянтов типа Магнафлок MF 10, MF 1011, MF 336, MF 338. Содержание твердого в исходной хвостовой пульпе составляло 5,0%, а концентрация рабочего раствора – 0,005%. Расход флокулянтов изменялся в пределах от 20 до 30 г/т, оптимальный расход – 25 г/т. Наиболее эффективным по результатам испытаний оказался флокулянт MF 1011, который был рекомендован для промышленного употребления при условии подтверждения данных лабораторных исследований на пилотной установке непосредственно на хвостовой пульпе ЮГОКа. Полупромышленные испытания сгущаемости хвостовой пульпы на пилотной установке проведены в мае 2014 года на натурной пробе хвостов обогатителя ЮГОКа. Пилотная установка высокопроизводительного сгустителя включает стакан диаметром 94 мм с конусным дефлектором, валом с граблинами и редукторным электродвигателем. Хвостовая пульпа подавалась из хвостового трубопровода в усреднительную промежуточную емкость, оборудованную мешалкой, откуда посредством шлангового насоса пульпа перекачивалась в питающий стакан.

Скорость питающего насоса составляла 40 об/мин., что соответствует средней подаче по исходному продукту – 998-1011 мл/мин. Рабочий раствор флокулянта подавался дозировочным насосом в питающий трубопровод до попадания материала в питающий стакан. Слой твердых осевших частиц постепенно нарастал, пока не достиг уровня нижней части питающего стакана. Шланговый насос был отрегулирован таким образом, чтобы удаление сгущенного продукта осуществлялось со скоростью, при которой процесс протекает в установившемся равновесном состоянии. Именно в это время отбираются пробы продуктов разделения, при этом чистота слива наблюдалась как при использовании мутномера, так и визуально, в то время как содержание твердого в сгущенном продукте определялось только гравиметрически. В процессе полупромышленных испытаний сгущаемости хвостовой пульпы на пилотной установке использовался флокулянт Магнафлок М 1011 при удельном расходе 25-30 г/т. Удельная нагрузка составила 0,44-0,45 т/(м²·час), при этом содержание твердого в сливе составляло 150 мг/л, а в сгущенном продукте 60%. Скорость восходящего потока равнялась 8,7 м/ч.

В процессе высокоскоростного сгущения наблюдали резкое расслоение исходной пульпы на осветленный слой и уплотненный осадок при незначительном промежуточном слое, при этом содержание твердого в сгущенном продукте колебалось в пределах от 60 до 78,45%. Заданное техническим заданием значение содержания твердого равно 40%. Таким образом, технологически оказались в положении «шпагат». С одной стороны, согласно ТЗ на хвостохранилище должна подаваться пульпа с содержанием твердого 40%, с другой стороны, по условиям высокоскоростного сгущения этот параметр составляет более 60%. Создание рыхлой постели с размытой границей разделения технологически возможно, но в этом случае необходимо считаться с сокращением высоты осветленного слоя и увеличением вероятности загрязнения сливного продукта сгустителя выше установленной нормы (менее 150 мг/л). Вместе со специалистами ЮГОКа пришли к заключению, что наиболее оптимальный режим работы сгустителя при номинальном содержании твердого 60% необходимо оставить без изменений, а требуемое его уплотнение при подаче на хвостохранилище поддерживаем за счет разбавления сгущенного продукта сгустителя исходной пульпой в промежуточной емкости перед объединенной пульпонасосной станцией, при этом достигается высокая эффективность работы сгустителя, сокращается объемная нагрузка на сгуститель и снижается расход флокулянта.

3. Состав и принцип работы технологического комплекса сгущения

Полученные результаты исследований стали основой не только для расчета и выбора сгустителя, но и для разработки технологии сгущения в целом. Заданными считались такие параметры, как производительность комплекса сгущения по твердому – 2709,9 т/ч и по пульпе – 59738,7 м³/ч, содержание твердого в питании сгустителя – 4,62% и в сливе – менее 150 мг/л, в сгущенном продукте сгустителя – 60% и в сгущенной пульпе, перекачиваемой насосами на хвостохранилище – 40%.

Выбран был высокоскоростной сгуститель HRT-62 с центральным приводом с гидравлическим двигателем, управляемым гидронасосом. Конструктивно, на входе сгустителя предусмотрен центральный привод SR310-4, снабженный планетарным редуктором и гидравлическим двигателем, а на выходе – шестеренчатый редуктор с двойным подшипником. Сгустители были изготовлены фирмой Tepova, три станции приготовления и дозирования флокулянта PD 10000C поставлены фирмой P&P Dosiertechnik, а центробежные шламовые насосы группы Warman (10 шт.) производства фирмы WEIR Minerals. Технические характеристики сгустителя HRT-62 (рис. 2) приведены в таблице 3.

Таблица 3
Технические характеристики сгустителя HRT-62

Кесте 3
HRT-62 қоюландыргышының техникалық сипаттамалары

Table 3
Technical characteristics of the HRT-62 thickener

Характеристики	Размерность	Численное значение
Производительность, максимальная:		
- по твердому	т/ч	1366
- по пульпе	м ³ /ч	28 800
Площадь осаждения	м ²	3017,5
Диаметр чана	м	62
Высота стенки	м	3,5
Удельная нагрузка	т/(м ² ·ч)	0,45
Скорость восходящего потока	м/ч	8,7
Частота вращения граблин	об/мин	0,045
Высота подъема граблин	мм	600
Крутящий момент:		
- номинальный	кН·м	1200
- максимальный	кН·м	4000
- подъема граблин	кН·м	2600
Мощность электроприводов	кВт	45 +7,5
Температура окружающей среды	°С	от -30 ... до +35
Вместимость сгустителя	м ³	15 000
Масса сгустителя с чаном	т	600
Габаритные размеры:		
- длина	мм	64 000
- высота	мм	12 860
Количество сгустителей	шт.	3



Рис. 2. Высокоскоростной сгуститель HRT-62 на ЮГОКа.

Сурет 2. ОТКБК-ның HRT-62 жоғары жылдамдықты қоюландырғыш.

Fig. 2. HRT-62 high-speed thickener on SM&PP.

Исходная хвостовая пульпа с содержанием твердого 3-5% насосами подается в коробку распределения хвостов (КРХ), из которой по питающим пульповодам диаметром 1200 мм она распределяется по трем сгустителям HRT-62. На питающих пульповодах предусмотрены плотномеры и расходомеры. После намыва постели включают центробежные насосы 14/12 FY AH WRT и откачивают сгущенный до 60% нижний продукт сгустителей в промежуточную смешительную емкость вместимостью 400 м³, куда одновременно по пульповоду диаметром 800 мм из КРХ самотеком истекает исходная пульпа, при этом ее количество жестко увязано с требуемой плотностью пульпы, подаваемой на хвостохранилище (1360 кг/м³ или 40% по содержанию твердого) и подачи насосов 20/18 НР-АНР, номинальное значение которой составляет 4972 м³/ч. Для обеспечения требуемого напора на каждой магистральной линии установлены два последовательно соединенных насоса 20/18 НР-АНР. Приводные двигатели указанных насосов оборудованы частотными преобразователями. Диаметр магистральных пульповодов составляет 800 мм, а длина – 5000 м при ближней подаче и 10000 м – при дальней подаче сгущенной пульпы.

По показаниям плотномеров, установленных на пульповодах, автоматически регулируется объем исходной хвостовой пульпы, поступающей из КРХ в смешительную емкость объединенной пульпонасосной станции (ОПНС) и подача насосов 14/12 FY AH WRT. Рабочий режим работы комплекса сгущения – автоматический, для чего специалистами фирмы Engineering Dobersek GmbH разработана и внедрена программа автоматического управления технологией сгущения хвостовой пульпы ЮГОКа.

4. Запуск в эксплуатацию комплекса сгущения хвостовой пульпы

В период с 28 июня по 18 декабря 2020 года были проведены работы по шефмонтажу, наладке и запуску в эксплуатацию комплекса сгущения ЮГОКа с участием профиль-

ных специалистов (инженеров-механиков, системотехников, гидротехников, технологов, электриков) комбината и фирм Engineering Dobersek GmbH, Tenova Delkor, WEIR Minerals, Grundfos, ЭЛАКС, P&P Dosiertechnik, Arenal и Rockwell Automation. По завершению шефмонтажа и наладки оборудования в сентябре-октябре 2020 года был произведен пробный запуск сгустителей в режиме «сухого и мокрого холостого хода». Затем были подготовлены и запущены в эксплуатацию три станции приготовления и дозирования флокулянта (СПДФ). Флокулянт анионоактивный Магнафлок MF 1011 представлял собой сыпучий порошок из тонкозернистых гранул, не слипшихся и не загрязненных посторонними материалами. Флокулянт пневмотранспортом загружался в приемный бункер в автоматическом режиме и разбавлялся до базовой концентрации 0,5% питьевой водой. При удельном расходе флокулянта 25 г/т и нагрузке по сухим хвостам 2709,9 т/ч объем воды для первичного разбавления флокулянта составлял 13,5 м³/ч или 6,75 м³/ч на одну станцию СПДФ при двух работающих станциях. 30 октября была отобрана и отправлена в химическую лабораторию проба воды для проведения химического анализа, результаты которого приведены в таблице 4.

Таблица 4

Химический состав воды для первичного растворения флокулянта

Кесте 4

Флокулянтты бастапқы ерітуге арналған судың химиялық құрамы

Table 4

Chemical composition of water for primary dissolution of flocculant

Параметры и компоненты	Размерность	Численное значение
рН		8,16
Жесткость воды общая	ммоль/л	6,53
Сухой остаток	мг/л	1816
Хлориды	мг/л	48,61
Сульфаты	мг/л	58,02
Нитраты	мг/л	0,61
Нитриты	мг/л	< 0,03
Фосфаты	мг/л	0,107
Азот аммонийный	мг/л	< 0,1
Железо	мг/л	0,18

После созревания базового раствора в промежуточной емкости в течение 1 часа он разбавлялся до рабочей 0,05-й концентрации, для чего требовалось 121,33 м³ оборотной воды, в качестве которой использовался слив сгустителей с содержанием твердого менее 150 г/л. В декабре комплекс сгущения хвостовой пульпы прошел 72-часовые приемочные испытания. Хвостовая пульпа в объеме

42-50 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$ при содержании твердого 3-5% подавалась из обогатительных фабрик ЮГОКа на КРХ и далее на два сгустителя HRT-62, в которые одновременно подавали рабочий раствор флокулянта, при этом слив сливался в желоба и далее в коллекторы и по лоткам самотеком поступал в оборотный цикл обогатительного производства, а сгущенный продукт накапливался в нижней части до образования постели, намыв которой продолжался в течение 8 часов и по достижении заданного уплотнения (57-63%) включали центробежные насосы 14/12 FY АН WRT, которые откачивали сгущенный продукт в смесительную емкость ОПНС, где он разбавлялся исходной пульпой до заданной плотности ($1360 \text{ кг}/\text{м}^3$), регистрируемой плотномером на магистральном пульпопроводе, и двумя последовательно соединенными насосами 20/18 НР-АНР подавали на хвостохранилище. При длительном прекращении подачи на сгуститель на работающих граблях

наблюдали переуплотнение осадка до пастообразного состояния, при котором отобранная проба теряла текучесть. Содержание твердого в таком сгущенном продукте достигало более 70%. В нормальном, стабильном режиме эксплуатации сгустителя скопление и переуплотнения осадка в конической части не наблюдалось. Мутномеры показывали содержание твердого в сливе не более 150 мг/л. Показания мутномеров проверяли путем отбора контрольных проб, которые отправляли в химическую лабораторию. Содержание твердого в нижней части сгустителя определяли при помощи плотномеров на трубопроводах сгущенного продукта, а также периодическим отбором проб при помощи пробоотборников, встроенных в конической части сгустителей и на всасе насосов 14/12 FY АН WRT. Пробы отбирались технологами фирмы Engineering Dobersek GmbH в присутствии специалистов ЮГОКа. Достигнутые технологические показатели сгустителя HRT-62 сведены в таблицу 5.

Таблица 5

Технологические показатели сгустителя HRT-62

Кесте 5

HRT-62 қояландыргышының технологиялық көрсеткіштері

Table 5

Technological parameters of the HRT-62 thickener

Технологические характеристики	Размерность	Значение
1	2	3
Производительность, по пульпе	$\text{м}^3/\text{ч}$	25 000-28 800
Производительность, по твердому	т/ч	1186-1366
Гидравлическая нагрузка	$\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	8,28-9,54
Удельная нагрузка, по твердому	$\text{т}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	0,40-0,45
Удельная площадь осаждения	$(\text{м}^2 \cdot \text{ч})/\text{т}$	2,2-2,5
Скорость восходящего потока	м/ч	8,3-9,1
Содержание твердого в исходной хвостовой пульпе	%	3-5
Плотность твердой фазы хвостовой пульпы	$\text{кг}/\text{м}^3$	2950
Содержание твердого в сгущенном продукте, по массе	%	57-63
Содержание твердого в сгущенном продукте, по объему	%	29,4-36,6
Чистота слива сгустителей	мг/л	< 150
Удельный расход флокулянта	г/т	25-30
Тип применяемого флокулянта	Магнафлок	М 1011
Содержание класса – 0,04 мм в хвостах	%	64-73
Количество сгустителей в эксплуатации	шт.	2 – в работе 1 – в резерве

Выводы

1. Высокоскоростные сгустители HRT-62 при работе на хвостовой пульпе ЮГОКа подтвердили проектные показатели по удельной нагрузке ($0,4-0,45 \text{ т}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$), уплотнению осадка до 57-63%, чистоте слива менее 150 мг/л.

2. Подача хвостовой пульпы на комплекс сгущения составляла 42-50 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$. Содержание твердого в питании сгустителей – 3-5%. Удельный расход флокулянта Магнафлок 1011 составлял 25-30 г/т.

3. Комплекс сгущения обеспечивает процент водооборота на уровне 95%. Реализация данного проекта позволяет организовать внутрифабричный водооборот, при котором максимальное использование оборотных

вод достигается сгущением хвостовой пульпы в сгустителях HRT-62 до содержания твердого 60% и применением осветленной воды для технологических целей.

Сведения об авторах:

Доберсек А., канд. техн. наук, Президент компании «ENGINEERING DOBERSEK GmbH» (г. Менхенгладбах, Германия), [info\(at\)dobersek.com](mailto:info(at)dobersek.com)

Кирнарский А.С., д-р техн. наук, научный руководитель проектов по обогащению полезных ископаемых компании «ENGINEERING DOBERSEK GmbH» (г. Менхенгладбах, Германия), anatoliy.kirnarskiy@ed-mg.de

Райш А.И., руководитель проектов компании «ENGINEERING DOBERSEK GmbH» (г. Менхенгладбах, Германия), alexander.raisch@ed-mg.de

Авторлар туралы мәліметтер:

Доберсек А., PhD, «ENGINEERING DOBERSEK GmbH» президенті (Менхенгладбах қ., Германия), [info\(at\)dobersek.com](mailto:info(at)dobersek.com)

Кирнарский А.С., техника ғылымдарының докторы, «ENGINEERING DOBERSEK GmbH» компаниясында минералды қайта өңдеу жобаларының ғылыми жетекшісі (Менхенгладбах қ., Германия), anatoliy.kirnarskiy@ed-mg.de

Райш А.И., «ENGINEERING DOBERSEK GmbH» компаниясында жоба менеджері (Менхенгладбах қ., Германия), alexander.raisch@ed-mg.de

Information about the authors:

Dobersek A., PhD, President of ENGINEERING DOBERSEK GmbH (Mönchengladbach, Germany), [info\(at\)dobersek.com](mailto:info(at)dobersek.com)

Kirnarskiy A.S., Doctor of Technical Sciences, Scientific Director of Mineral Processing Projects, ENGINEERING DOBERSEK GmbH, (Mönchengladbach, Germany), anatoliy.kirnarskiy@ed-mg.de

Raisch A.I., Project Manager, ENGINEERING DOBERSEK GmbH, (Mönchengladbach, Germany), alexander.raisch@ed-mg.de



16+

Металлообработка. Сварка – Урал

12–15 марта 2024
Екатеринбург

международная выставка технологий,
оборудования, материалов для машиностроения,
металлообрабатывающей промышленности
и сварочного производства

крупнейший
специализированный
региональный проект в России



PRO
EXPO

(342) 264-64-27
egorova@expoperm.ru
metal-ekb.expoperm.ru

