

Код МРНТИ 52.45.25

\*А. Доберсек, А. Кирнарский, А. Райш

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

## СГУЩЕНИЕ МАГНЕТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА НА НОВОМ УЧАСТКЕ ПОЛТАВСКОГО ГОКА

**Аннотация.** Настоящая работа выполнена специалистами фирмы «Инжиниринг Доберсек ГмбХ» в рамках проекта «Строительство закрытого склада концентрата», который предусматривает два технологических передела: сгущение и фильтрование. Концентратная пульпа из трех флотационных отделений обогатительных фабрик Полтавского ГОКа по пульпопроводам подается в сгуститель, где она без флокулянта сгущается до 60% и специальными центробежными насосами перекачивается в усреднительную емкость, из которой материал распределяется по камерным фильтр-прессам ФКМ-500. Обезвоженный осадок конвейерами направляется на участок окомкования и далее в обжиговую печь или транспортируется на закрытый склад. Дано описание технологического комплекса обезвоживания флотоконцентрата и приведены технико-экономические показатели его работы. Описаны пилотные испытания сгущения концентратной пульпы. Приведен технологический расчет и выбор сгустителя. Представлены результаты приемочных испытаний и комплексного опробования высокоскоростного сгустителя HRT-32, установленного для сгущения флотоконцентрата трех отделений флотаций обогатительных фабрик комбината с последующим обезвоживанием сгущенного продукта на пресс-фильтрах ФКП-500. Содержание твердого в питании сгустителя – 20%, в сгущенном продукте – 60%, чистота слива менее 1000 мг/л. Производительность по исходной концентратной пульпе – 1600 м<sup>3</sup>/ч, по твердому – 400 т/ч.

**Ключевые слова:** концентрат, сгущение, слив, сгущенный продукт, фильтрация, фильтр-пресс, флокулянт, окомкование.

### Магнетит концентратының жана ПОЛТАВА КБК учаскесінде қоюлануы

**Андатпа.** Бұл жұмысты «Инжиниринг Доберсек ГмбХ» фирмасының мамандары екі технологиялық қайта бөлуді көздейтін «жабық концентрат қоймасын салу» жобасы шеңберінде орындады: қоюлату және сүзу. Полтава КБК байыту фабрикаларының үш флотациялық бөлімшелерінен алынған концентрат целлюлозасы целлюлоза құбырлары арқылы қоюландырғышқа беріледі, онда ол флокулянтсыз 60%-ға дейін қалыңдатылады және арнайы орталықтан тепкіш сорғылармен орташа сыйымдылыққа айдалады, одан материал фкм-500 камералық сүзгі престері бойынша таратылады. Сусыздандырылған тунба конвейерлермен шұңқырлау учаскесіне және одан әрі күйдіру пешіне жіберіледі немесе жабық қоймаға тасымалданады. Флотоконцентратты сусыздандырудың технологиялық кешенінің сипаттамасы берілген және оның жұмысының техникалық-экономикалық көрсеткіштері келтірілген. Концентрат целлюлозаның қоюлануының пилоттық сынақтары сипатталған. Технологиялық есептеу және қоюландырғышты таңдау берілген. Қабылдау сынақтарының нәтижелері және ФКП-500 пресс-сүзгілерінде қоюландырылған өнімді кейіннен сусыздандыра отырып, комбинаттың байыту фабрикалары флотацияларының үш бөлімшесінің флотоконцентратын қоюлату үшін орнатылған жоғары жылдамдықты HRT-32 қоюландырғышын кешенді сынау ұсынылды. Қатты қоюландырғыштың коректік құрамы – 20 %, қоюландырылған өнімде 60%, ағызу тазалығы 1000 мг/л – ден аз. бастапқы концентрат целлюлозасы бойынша Өнімділік – 1600 м<sup>3</sup>/сағ, қатты өнімділік –400 т/сағ.

**Түйінді сөздер:** концентрат, қоюландыру, ағызу, қоюландырылған өнім, сүзу, сүзгі прессі, флокулянт, шұңқыр.

### Thickening of magnetite concentrate on the new site of the POLTAVA GOK

**Annotation.** This work was carried out by specialists of Engineering Dobersek GmbH within the framework of the project «Construction of a closed concentrate warehouse», which provides for two technological stages: thickening and filtration. Pulp concentrate from three flotation departments of the processing plants of the Poltava GOK is fed through sludge pipelines to a thickener, where it is condensed to 60% without flocculant and pumped by special centrifugal pumps into an equalizing tank, from which the material is distributed through chamber filter presses FKM-500. The dehydrated sludge enters the granulation zone, and then is disposed of or transported to a closed warehouse. The description of the technological complex for dewatering the fleet before receiving the concentrate is given and the technical and economic indicators of its operation are given. Pilot tests of concentrate pulp thickening are described. The technological calculation and selection of the thickener are given. The results of acceptance tests and complex testing of the HRT-32 high-speed thickener installed for thickening the flotation concentrate of three flotation departments of the processing plants of the combine with subsequent dehydration of the condensed product on the FKP-500 press filters are presented. The solid content of the thickener in the diet is 20%, in the condensed product 60%, the purity of the drain is less than 1000 mg/l. The capacity for the initial concentrate pulp is 1600 m<sup>3</sup>/h, for solid pulp – 400 t/h.

**Keywords:** concentrate, thickening, draining, condensed product, filtration, filter press, flocculant, pelletizing.

### Введение

На новом участке Полтавского ГОКа с 4 по 7 ноября 2020 года прошли приемочные испытания и принят в постоянную эксплуатацию высокоскоростной сгуститель HRT-32. Настоящая работа выполнена специалистами фирмы «Инжиниринг Доберсек ГмбХ» в рамках проекта «Строительство закрытого склада концентрата», который предусматривает два технологических передела: сгущение и фильтрование. Концентратная пульпа из трех флотационных отделений обогатительных фабрик комбината по пульпопроводам подается в сгуститель, где она без флокулянта сгущается до 60% и центробежными насосами перекачивается в усреднительную емкость, из которой материал распределяется по камерным фильтр-прессам ФКМ-500 производства ООО «БМЗ «Прогресс». Обезвоженный осадок конвейерами направляется на участок окомкования и далее в обжиговую печь или транспортируется на закрытый склад и отгружается в качестве товарного продукта в железнодорожные вагоны. На этом участке будет производиться 1,5 млн. тонн железорудного высококачественного концентрата для экспортной программы корпорации Феррэкспо. В настоящее

время объем производства окатышей в условиях полтавского гиганта составляет 46,5% украинского рынка, а его доля в экспорте железорудного сырья достигает 90%. Новый участок разработан с целью увеличения производства окатышей на 13% до 12 млн.т в год. Кроме того, создается логистическая возможность отгрузки и доставки товарной продукции потребителям в железнодорожных вагонах.

В процессе комплексного опробования сгустителя подтверждены его проектные технологические показатели, а именно, содержание твердого в сгущенном продукте – 60%, чистота слива менее 1 г/л при нагрузке по твердому – 400 т/ч и по исходной концентратной пульпе – 1600...1739 м<sup>3</sup>/ч.

Внедрению сгустительной установки предшествовали пилотные испытания на натурной пробе концентратной пульпы, на основании результатов которых был выполнен технологический расчет и выбор сгустителя, его изготовление, поставка и монтаж.

### 1. Описание технологического комплекса

Технологический комплекс обезвоживания флотоконцентрата Полтавского ГОКа включает питающие

пульпроводы  $D_y 300$ , сгуститель высокоскоростной HRT-32, усреднительную емкость сгущенного продукта вместимостью  $580 \text{ м}^3$  с мешалкой ЕКАТО HWL2180А, три горизонтальных фильтр-пресса ФКМ-500, ленточные конвейеры для отгрузки и транспортировки осадка с шириной ленты  $1200 \text{ мм}$ , закрытый склад готовой продукции и узел отгрузки в железнодорожные вагоны. Вместимость склада –  $70 \text{ тыс. т}$ . Склад представляет собой промышленное сооружение с размерами в плане  $200 \times 36 \text{ м}$  и высотой  $22 \text{ м}$ , в котором предусмотрена площадка с бетонным основанием площадью  $2979 \text{ м}^2$  для штабелирования обезвоженного концентрата. Технико-экономические показатели работы технологического комплекса по обезвоживанию флотоконцентрата представлены в таблице 1.

**Таблица 1**

**Технико-экономические показатели работы технологического комплекса**

**Кесте 1**

**Технологиялық кешен жұмысының техникалық-экономикалық көрсеткіштері**

**Table 1**

**Technical and economic indicators of the technological complex**

Наименование показателей	Единица измерения	Численное значение
Производительность комплекса	т/год	1 500 000
Годовой фонд рабочего времени	часы	7920
Удельный расход электроэнергии	кВт·ч/т	7,41
Удельный расход сжатого воздуха	$\text{м}^3/\text{т}$	20,39
Удельный расход пульпы	$\text{м}^3/\text{т}$	8,51
Удельный расход технической воды	$\text{м}^3/\text{т}$	0,96
Влажность осадка, не более	%	10,0
Объем отгружаемого осадка	$\text{м}^3/\text{час}$	112

Центральное место в этом комплексе отводится горизонтальным пресс-фильтрам с боковой подвеской фильтровальных плит ФКМ-500 производства ООО «БМЗ «Прогресс». Конструкция пресс-фильтра предусматривает ускоренную выгрузку осадка и быстрое срабатывание всех конструктивных узлов, что позволяет сократить цикл обезвоживания до 10 минут и, как следствие, ежедневно обработать  $200 \text{ т/ч}$  концентрата. Боковая подвеска особенно удобна при замене плит и техническом обслуживании пресс-фильтра. Технические характеристики указанных пресс-фильтров сведены в таблицу 2.

**Таблица 2**

**Технические характеристики камерно-мембранных пресс-фильтров ФКМ-500**

**Кесте 2**

**Фкм-500 камералық-мембраналық пресс-сүзгілерінің техникалық сипаттамалары**

**Table 2**

**Technical characteristics of chamber- membrane press filters FKM-500**

Технические характеристики	Единица измерения	Численное значение
Площадь поверхности фильтрования	$\text{м}^2$	500
Вместимость камерного пространства	$\text{м}^3$	12,75
Глубина камеры	мм	50
Рабочее давление	МПа	0,8
Количество камер в пакете	шт.	50
Установленная мощность двигателей: - механизма зажима - механизма перемещения плит	кВт кВт	22 0,75
Рабочий ход штока	мм	300
Размеры плит	мм	$2440 \times 2440$
Габаритные размеры, не более - длина - ширина - высота	мм мм мм	17420 3800 5510
Масса пресс-фильтра	т	165

После фильтрации объем материала составляет всего  $112 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Полученный осадок влажностью менее 10% укладывается штабелеукладчиком производительностью  $400 \text{ т/ч}$  на складе готовой продукции в штабеля длиной  $176 \text{ м}$ , шириной  $16,6 \text{ м}$  и высотой  $6,15 \text{ м}$ . Геометрический объем штабеля достигает  $10208 \text{ м}^3$ . Насыпная масса обезвоженного концентрата –  $3,57 \text{ т/м}^3$ . Для отгрузки концентрата в железнодорожные вагоны предусмотрены три бункера полезной вместимостью  $16 \text{ м}^3$  на  $57 \text{ т}$  концентрата каждый, ленточные дозаторы с приводом мощностью  $7,5 \text{ кВт}$ , телескопические погрузчики и весы грузоподъемностью  $150 \text{ т}$ . Разгрузка концентрата из штабелей может осуществляться в ручном и автоматическом режимах с использованием дизельного ковшового погрузчика НІТАСНІТW550 и конвейерных трактов соответственно.

Высокоскоростной сгуститель здесь играет вспомогательную роль, но именно сгущение позволяет сократить продолжительность цикла и резко увеличить удельную производительность пресс-фильтров, так как ускоренное заполнение камер осадка пропорционально увеличению содержания твердого в единице объема, а снижение расслоения по крупности способствует уменьшению

сопротивления осадка. В свою очередь, удельная производительность пресс-фильтров определяет рентабельный уровень капитальных и эксплуатационных затрат, экономическую состоятельность процесса фильтрации в целом.

Исходная концентратная пульпа поступает на сгущение в объеме 1612-1729 м<sup>3</sup>/ч при содержании твердого 17-22% (по массе). После ее сгущения объем сокращается до 312 м<sup>3</sup>/ч, а содержание твердого возрастает до 60-75%, при этом не применяются флокулянты. Слив сгустителя вместе с фильтратом фильтр-прессов (191 м<sup>3</sup>/ч) и производственными стоками возвращается в оборот обогатительной фабрики ДЗФ-2. Выбору сгустителя предшествовали пилотные исследования, что и есть предметом последующего изложения.

## 2. Пилотные испытания сгущения концентратной пульпы

Пилотные исследования проводились в мае 2017 года на натурной пробе концентратной пульпы, отобранной на Полтавском ГОКе. Гранулометрический состав твердой фазы хвостовой пульпы определялся мокрым способом на сите -50 мкм, а также на классификаторе для дисперсионного анализа путем последовательного естественного осаждения классов крупностью менее 50 мкм. Результаты обнаружили дисперсность твердых частиц 98,9% кл. – 33 мкм. Плотность твердой фазы хвостовой пульпы определялась пикнометрическим методом и составила 4000-4200 кг/м<sup>3</sup>. Содержание твердого определялось методом выпаривания и равнялось 21,5-28,35%. Сначала провели статические испытания с применением флокулянта и без него. Седиментационные исследования проводились в стеклянных цилиндрах с использованием флокулянта Magnaflock MF-10. Концентрация рабочего раствора составляла 0,005%. Оптимальное содержание твердого в исходной концентратной пульпе при добавлении флокулянта составляет 16-18 %. Содержание твердого в сгущенном продукте достигало более 67,35 %. Удельный расход флокулянта составлял 4-8 г/т. Удельная производительность в случае добавления флокулянта возросла с 0,6068 т/(м<sup>2</sup>·час) до 1,19 т/(м<sup>2</sup>·час), но полученный осадок отличался высоким напряжением сдвига (более 50 Па). Фильтровать такой пастообразный осадок затруднительно, так как наличие флокулянта в магнитотвердых флокулах, обладающих высокой коэрцитивной силой, способствует закупориванию осадка, что повышает его гидравлическое сопротивление и, как следствие, снижает удельную производительность фильтрационного устройства. Без применения флокулянта содержание твердого в сгущенном продукте составляло 64-66 % при чистоте слива, которое удовлетворяло требованиям технического задания (менее 1000 мг/л), поэтому для промышленного применения рекомендована технология сгущения магнетитового концентрата без употребления флокулянтов. После проведения статических исследований перешли к динамическим испытаниям. Пилотная установка высокопроизводительного сгустителя включает стакан диаметром 94 мм с конусным дефлектором, валом с граблинами и редукторным электродвигателем. Исходная концентратная пульпа подавалась в усреднительную промежуточную емкость, оборудованную мешалкой, откуда

посредством шлангового насоса пульпа перекачивалась в питающий стакан. Содержание твердого в питании сгустителя – 21,5%. Скорость питающего насоса составляла 40 об/мин. 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 режиме. 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 концентратной пульпы на пилотной установке установлена технологическая возможность сгущаемости концентратной пульпы без использования флокулянта при удельной нагрузке 0,6068 т/(м<sup>2</sup>·час), при этом содержание твердого в сливе не превышало 1000 мг/л, а в сгущенном продукте содержание твердого составляло 60-66 %. Скорость восходящего потока равнялась 2,37 м/ч. Содержание твердого в питании высокоскоростного сгустителя варьировало в пределах от 17 до 22 % (по массе).

## 3. Технологический расчет и выбор сгустителя

Полученные результаты исследований стали основой для технологического расчета и выбора сгустителя, при этом заданной считалась его номинальная производительность по исходному продукту – 400 т/ч. Номинальная нагрузка по пульпе – 1600 м<sup>3</sup>/ч. Плотность частиц – 4,2 т/м<sup>3</sup>. Выбран был высокоскоростной сгуститель HRT-32, технические характеристики которого приведены в таблице 3. Чан сгустителя выполнен из углеродистой стали и является сварным. Масса чана – 27460 кг. Масса стальных опорных конструкций чана сгустителя – 74 275 кг.

## 4. Запуск в эксплуатацию высокоскоростного сгустителя HRT-32

Монтаж сгустителя завершился весной 2020 года, а в сентябре месяце был произведен осмотр и пробный его запуск. Были проведена механическая наладка сгустителя: проверены и при необходимости затянуты болтовые соединения, отрегулированы траверсы, выставлены зазоры и проверены их изменения в процессе «сухого холостого хода» гребкового устройства. Предварительно чан и сливной желоб сгустителя были очищены от строительного мусора, болтов, гаек, щепы, инструментов, электродов. Был запущен привод сгустителя и проверена работа гребкового устройства в режиме «сухого холостого хода». Граблины вращались по часовой стрелке со скоростью 0,091 об/мин. В процессе вращения граблин производили замеры расстояния от поверхности дна и стенки чана до граблин. Полученная эпюра была согласована с заводом-изготовителем сгустителя до его запуска в эксплуатацию. Контакта граблин с дном и стенками чана сгустителя не наблюдалось. Затем несколько раз осуществлялся подъем и опускание граблин, при этом выставлялся верхний и нижний концевые выключатели. Также была проверена система смазки. При заполнении чана водой был откалиброван

Таблица 3

Технические характеристики сгустителя HRT-32

Кесте 3

HRT-32 қояландыргышының техникалық сипаттамалары

Table 3

Technical characteristics of the HRT-32 thickener

Характеристики	Размерность	Численное значение
Производительность: - по твердому - по пульпе	т/ч м <sup>3</sup> /ч	400 1739
Площадь осаждения	м <sup>2</sup>	804
Диаметр чана	м	32
Удельная нагрузка	т/(м <sup>2</sup> ·ч)	0,6068
Скорость восходящего потока	м/ч	2,37
Частота вращения граблин	об/мин	0,091
Крутящий момент, макс.	Н·м	225000
Мощность электроприводов	кВт	2,2 + 15
Вместимость сгустителя	м <sup>3</sup>	1700
Высота подъема граблин	мм	600
Угол наклона - дна чана сгустителя - разгрузочного конуса	градусы градусы	9 45
Диаметр трубопроводов: - питающего - сливного - сгущенного продукта	мм мм мм	650 800 300
Габаритные размеры сгустителя: - длина - высота	мм мм	32 244 14 816
Масса сгустителя, включая чан	кг	130 781

датчик гидростатического давления постели, установленный в конической части сгустителя. Гидростатическое давление вычисляется по формуле:

$$H_p = \rho \cdot g \cdot h, \text{ Па,}$$

где  $\rho$  – плотность воды, 1000 кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, 9,8 м/с<sup>2</sup>;

$h$  – высота водяного столба, 3,5 м.

Тогда гидростатическое давление составляет 34300 Па или 34,3 кПа или 0,34 бара. При заполнении чана концентратной пульпой с содержанием твердого 20%, т.е. плотностью 1180 кг/м<sup>3</sup> датчик показывает 40 кПа или 0,40 бара, но это значение отражает усредненную плотность среды, в то время как нам необходимо знать оперативное значение плотности откачиваемой пульпы. В этом случае пользуемся плотномером. На напорном трубопроводе насосной установки по перекачиванию сгущенного продукта в промежуточную усреднительную емкость предусмотрен плотномер радиоизотопного принципа действия. При достижении плотности в конусе сгустителя на уровне 1744-1842 кг/м<sup>3</sup>, что соответ-

ствует содержанию твердого 56-60%, включается центробежный насос и сгущенный продукт откачивается в усреднительную емкость и далее на пресс-фильтры. При остановке насоса пульпа иногда уплотнялась до 70-75%, что требовало предварительного ее размыва. В период с 4 по 7 ноября 2020 года были проведены работы по запуску в эксплуатацию высокоскоростного сгустителя HRT-32 (рис.1). Намыв постели продолжался в течение 6 часов, что значительно меньше, чем при работе таких сгустителей на хвостовой пульпе железорудных ГОКов, где продолжительность намыва постели достигает 8-12 часов и более.

После намыва постели включался откачивающий центробежный насос и сгущенный продукт подавался в усреднительную емкость, при этом частота вращения рабочего колеса постепенно повышалась от минимального до номинального уровня. По завершению переходного режима и работе сгустителя в установившемся режиме производилось комплексное опробование продуктов сгущения в течение 72 часов непрерывной эксплуатации. Продукты опробования представлены на рис. 2 и рис. 3.



**Рис. 1. Высокоскоростной сгуститель HRT-32 на Полтавском ГОКе.**

**Сурет 1. Полтава Гокындағы жоғары жылдамдықты HRT-32 қоюландырғышы.**

**Fig. 1. HRT-32 high-speed thickener at Poltava GOK.**



а) слив

б) сгущенный продукт

**Рис. 2. Продукты сгущения: слив и сгущенный концентрат.**

**Сурет 2. Қоюландыру өнімдері: қара өрік және қоюландырылған концентрат.**

**Picture 2. Thickening products: prunes and condensed concentrate.**

Содержание твердого в питании сгустителя в период опробования колебалось в пределах от 17 до 22%, крупность частиц твердой фазы концентратной пульпы составляла 98,8% кл. – 32 мкм. Согласно ТЗ содержание железа общего в поступающем флотоконцентрате составляет 68%, а содержание кремнезема не превышает 5,4%.

Поступающий в приемный колодец на сгущение концентрат представляет собой трехфазную систему: жидкое – твердое – воздух (вода – концентрат – воздушные пузырьки). Флотационная пена была неустойчивой, при попадании в загрузочный колодец сгустителя она разрушалась и на водном зеркале пены не наблюдалось. Результаты опробования продуктов сгущения представлены в таблице 4.

**Таблица 4**

**Результаты опробования сгустителя HRT-32**

**Кесте 4**

**HRT-32 қоюландырғышының сынау нәтижелері**

**Table 4**

**Results of testing the HRT-32 thickener**

Продукты сгущения					
Слив		Сгущенный продукт			
Объем пробы, л	Содержание твердого, мг/л	Объем пробы, л	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Содержание твердого, %	Ж:Т
1,0	125	1,0	1699	54	1:0,85
1,0	130	1,0	1744	56	1:0,79
1,0	145	1,0	1792	58	1:0,72
1,0	139	1,0	1842	60	1:0,67
1,0	139	1,0	1895	62	1:0,61
1,0	145	1,0	1952	64	1:0,56
1,0	148	1,0	2011	66	1:0,51
1,0	150	1,0	2075	68	1:0,47
1,0	150	1,0	2143	70	1:0,43
1,0	150	1,0	2215	72	1:0,389
1,0	150	1,0	2333	75	1:0,333

Результаты опробования свидетельствуют о том, что чистота слива на порядок выше требуемой чистоты согласно ТЗ (1000 мг/л). Содержание твердого в сгущенном продукте сгустителя в процессе намыва постели равнялось 54-56%, по завершению намыва постели – 58-62 %, а при остановке перекачивающего насоса достигало 72-75%. Такой случай отражен на фотографии (рис. 2 б) и технологически соответствует переуплотнению постели. Датчик гидростатического давления постели в таком режиме работы показывал оперативное значение измеряемого параметра в пределах 70-80 кПа, что соответствует значению плотности концентратной пульпы в чане в диапазоне от 2040 до 2332 т/м<sup>3</sup>.

В установленном режиме работы удельная площадь осветления рассчитываем по уравнению Коу-Клевенджера при содержании твердого в питании 20%, а в сгущенном продукте 60%.

$$S_{уд} = (R_{исх} - R_{сг}) / (k \cdot V \cdot \rho), \text{ (м}^2 \cdot \text{ч) / т,}$$

где  $R_{исх}$  и  $R_{сг}$  – отношение Ж:Т по массе в исходном и сгущенном продукте соответственно;

4 и 0,67;  $\rho$  – плотность воды, 1,0 т/м<sup>3</sup>;

$V$  – скорость осветления;

1,84 м/ч;  $k$  – поправочный коэффициент, 0,9.

Тогда удельная площадь осветления составляет

$$S_{уд} = (4 - 0,67) / (0,9 \cdot 1,84 \cdot 1) = 2,01, \text{ (м}^2 \cdot \text{ч) / т.}$$

При номинальной нагрузке на сгуститель по твердому  $Q = 400$  т/ч общая площадь осветления составляет:

$$F = Q \cdot S_{уд} = 400 \cdot 2,01 = 804 \text{ м}^2.$$

Полученное значение общей площади осветления строго соответствует площади рассчитанного и выбранного высокоскоростного сгустителя HRT-32.

## Выводы

1. Производительность высокоскоростного сгустителя по исходной концентратной пульпе 1600-1739 м<sup>3</sup>/ч, по твердому – 400 т/ч.
2. Содержание твердого в сгущенном продукте – 60%, производительность по сгущенному продукту 312-350 м<sup>3</sup>/ч.
3. Сгущение концентратной пульпы с содержанием твердого 17-22% осуществлялось без добавления флокулянтов. Чистота слива составила менее 150 мг/л.

## 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](mailto:anatoliy.kirnarskiy@ed-mg.de)

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

## Авторлар туралы мәліметтер:

*Доберсек А.*, PhD, «ENGINEERING DOBERSEK GmbH» президенті (Менхенгладбах қ., Германия)

*Кирнарский А.С.*, техника ғылымдарының докторы, «ENGINEERING DOBERSEK GmbH» компаниясында минералды қайта өңдеу жобаларының ғылыми жетекшісі (Менхенгладбах қ., Германия)

*Райш А.И.*, «ENGINEERING DOBERSEK GmbH» компаниясында жоба менеджері (Менхенгладбах қ., Германия)

## Information about the authors:

*Dobersek A.*, PhD, President of ENGINEERING DOBERSEK GmbH (Mönchengladbach, Germany)

*Kirnarsky A.S.*, Doctor of Technical Sciences, Scientific Director of Mineral Processing Projects, ENGINEERING DOBERSEK GmbH, (Mönchengladbach, Germany)

*Raisch A.I.*, Project Manager, ENGINEERING DOBERSEK GmbH, (Mönchengladbach, Germany)



## МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И МАЙНИНГА НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ

**17 | 18 | 19 октября 2023 г.**  
**г. НОВОСИБИРСК**

