

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт управления бизнес процессами и экономики  
Кафедра «Экономика и международный бизнес горно-металлургического  
комплекса»

УТВЕРЖДАЮ  
И.о. заведующего кафедрой  
\_\_\_\_\_ Р.Р. Бурменко  
подпись  
« » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

38.03.01 «Экономика»  
38.03.01.08.09 «Экономика предприятий и организаций (металлургия)

Повышение эффективности электролизного производства на основе увеличения  
жизненного цикла электролизера(на примере АО «РУСАЛ Красноярск»)

Руководитель	_____	доцент	Т.И. Юркова
	подпись, дата		
Выпускник	_____		И.С. Бабанина
	подпись, дата		
Нормоконтролер	_____		Т.В. Безинская
	подпись, дата		

Красноярск 2018

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме Повышение эффективности электролизного производства на основе увеличения жизненного цикла электролизера(на примера АО «РУСАЛ Красноярск»)

Содержит 54 страниц текстового документа, 21 иллюстрацию, 10 таблиц, 5 формул, 25 использованных источников.

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА, АЛЮМИНИЙ, КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ, ЦЕХОВЫЕ РАСХОДЫ, СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ.

Объект исследования – АО «РУСАЛ Красноярск», предмет исследования – влияние длительности жизненного цикла электролизера на себестоимость производства алюминия.

Цель исследования – обоснование целесообразности увеличения жизненного цикла электролизера для повышения эффективности производства алюминия.

Для достижения поставленной цели был решен ряд задач: рассмотреть структуру электролизного производства; выявить, что представляет собой жизненный цикл электролизера; рассмотреть основные этапы проведения капитального ремонта электролизеров; провести анализ затрат на производство алюминия в электролизном цехе; выполнить анализ затрат на капитальный ремонт электролизеров; предложить возможные пути увеличения жизненного цикла электролизера.

В ходе проведенной работы было установлено, что для снижения затрат на производство алюминия необходимо проанализировать затраты электролизного цеха. Снижение затрат удалось добиться за счет изменения статьи цеховые расходы, в которую входят затраты на капитальный ремонт электролизера. Своевременный и грамотный ремонт электролизеров приводит к увеличению жизненного цикла электролизера, что в свою очередь сокращает

ежегодные затраты на его ремонт. В сложившейся неблагоприятной ситуации предприятию необходимо снижать затраты в краткосрочном периоде, этого возможно добиться за счет увеличения жизненного цикла электролизера.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Анализ рынка алюминия.....	7
1.1 Анализ динамики производства первичного алюминия.....	7
1.2 Положение ОК«РУСАЛ» на мировом рынке алюминия.....	11
1.3 Перспективные направления нейтрализации негативных последствий ухудшения ситуации на рынке .....	13
2 Общая характеристика АО «РУСАЛ Красноярск» .....	16
2.1 Структуры и основные виды деятельности АО«РУСАЛ Красноярск»	16
2.2 Технология производства алюминия.....	19
2.3 Характеристика электролизного цеха.....	21
2.4 Жизненный цикл электролизера.....	25
2.5 Процесс капитального ремонта электролизёра.....	27
3 Экономическое обоснование увеличения жизненного цикла электролизера.....	31
3.1 Анализ затрат электролизного цеха .....	31
3.2 Анализ затрат на капитальный ремонт электролизера.....	39
3.3 Экономическое обоснование повышения эффективности электролизного производства на основе увеличения жизненного цикла электролизера.....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	53

## ВВЕДЕНИЕ

В сложившихся мировых условиях экономики каждое предприятие ставит себе задачи по снижению себестоимости производимой продукции, предприятия алюминиевой промышленности не являются исключением. Значительная доля затрат при производстве алюминия приходится на капитальный ремонт электролизеров. Это особенно актуально для большинства алюминиевых заводов, на которых уровень технологии и культуры производства на сегодняшний день отстают от ведущих зарубежных производителей.

Электролизер – очень дорогостоящее оборудование, затраты на капитальный ремонт это фактически затраты на создание нового оборудования, поэтому увеличение жизненного цикла играет важную роль в снижении затрат на производство алюминия.

Высокие требования, предъявляемые к современным футеровочным материалам, определяют их высокую стоимость и общее увеличение затрат на капитальный ремонт электролизеров. Однако повышение надежности катодного устройства, приводящее к увеличению жизненного цикла электролизера, в конечном итоге, должно окупить рост затрат на футеровку и дополнительных материалов, используемых при текущем ремонте.

Актуальность темы данной выпускной квалификационной работы заключается в поиске направлений совершенствования процесса ремонта алюминиевых электролизеров, который приведет к снижению затрат на производство алюминия.

Целью выпускной квалификационной работы является оценка повышения эффективности электролизного производства за основе увеличения жизненного цикла электролизера.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- оценить положение ОК «РУСАЛ» на рынке алюминия;

- провести анализ затрат на производство алюминия;
- рассмотреть возможности увеличения продолжительности жизненного цикла электролизера на основе совершенствования капитального ремонта;
- выполнить оценку экономической эффективности увеличения жизненного цикла электролизера.

Объектом исследования является АО «РУСАЛ Красноярск».

## 1 Анализ рынка алюминия

### 1.1 Анализ мирового производства первичного алюминия

На сегодняшний день алюминий широко используется во многих отраслях промышленности и занимает второе место в мире по объемам потребления, уступая лишь стали. Спрос на алюминий растет ежегодно на 5-6%, это обуславливается тем, что расширяется сфера применения металла: индустриализация, урбанизация, технический прогресс – алюминий стал неотъемлемой составляющей этих процессов, так как используется в следующих крупных отраслях промышленности представленных на рисунке 1.

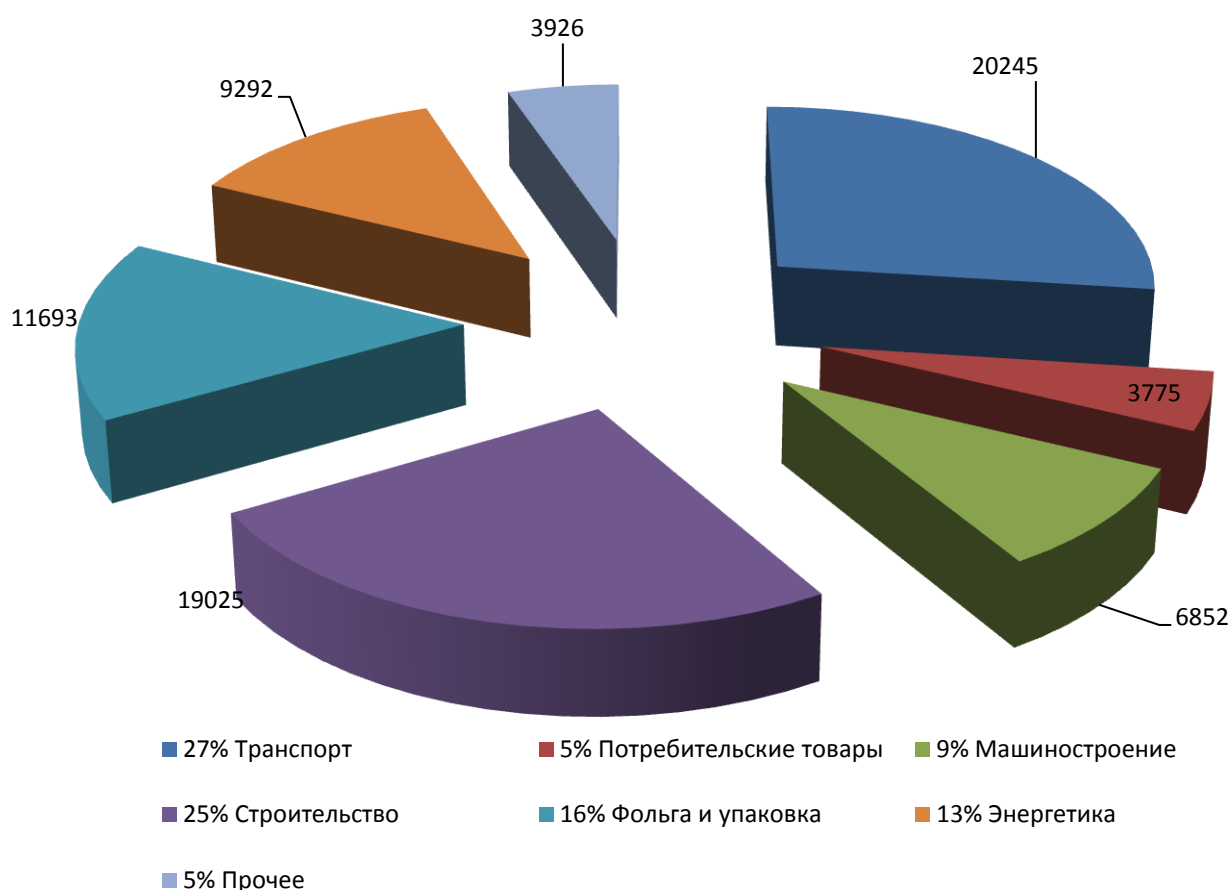


Рисунок 1- Потребление алюминия по отраслям промышленности за 2017г,  
ТЫС. ТОНН.

Такой значительный спрос на алюминий и сплавы сопровождается и необходимым предложением на рынке. В мировой металлургии производства алюминия за последние годы определились несколько основных игроков, среди которых выделяются такие страны как Китай, Канада и Россия. Если посмотреть на рыночные доли регионов-производителей, представленные в таблице 1, на рисунке 2 и 3, то очевидно, что за последние 10 лет ускоренными темпами производство алюминия активно развивалось в «новых» странах, представляющих данные регионы, таких как Китай, Индия, Малайзия, Тайланд, страны Ближнего Востока и Бразилия.

Особое место в изменении структуры рынка алюминия занимает Азия. Очевидно, что основной страной, оказывающей влияние на данный рост, является Китай, который за последние пять лет завоевал лидирующие позиции по уровню темпов роста предприятий алюминиевой отрасли. При этом темпы роста азиатского региона намного опережают темпы роста мирового рынка в целом, что значительно повлияло на структуру рассматриваемого рынка:

Таблица 1 - Динамика и прогноз производства алюминия по регионам

Регион	млн.тонн								
	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	2021 Год
Северная Америка	4918	4585	4472	3767	3662	3808	3890	3900	4250
Центральная и Южная Америка	1905	1531	1273	1242	1296	1440	1576	1576	1600
Европа	4250	4202	4377	4395	4503	4573	4611	4716	4780
Россия	3724	3488	3609	3673	3667	3768	3917	4029	4250
Китай	25143	27951	31641	34120	36400	36800	38750	41000	43000
Индия	1684	1921	2378	2608	3124	3493	3720	3817	3675
Ближний Восток	4237	5182	5427	5481	5556	5606	5947	6710	6850
Прочие страны Азии	1096	1132	1101	1346	1442	1565	1820	1820	1820
Африка	1810	1746	1702	1699	1714	1717	1723	1723	1723
Австралия	2106	2034	1955	1976	1993	2005	2009	2009	2009
ВСЬ МИР	50873	53771	56934	60308	63456	64775	67963	71300	73957
Мир (без Китая)	25730	25820	26293	26188	27235	27975	29213	30300	30957



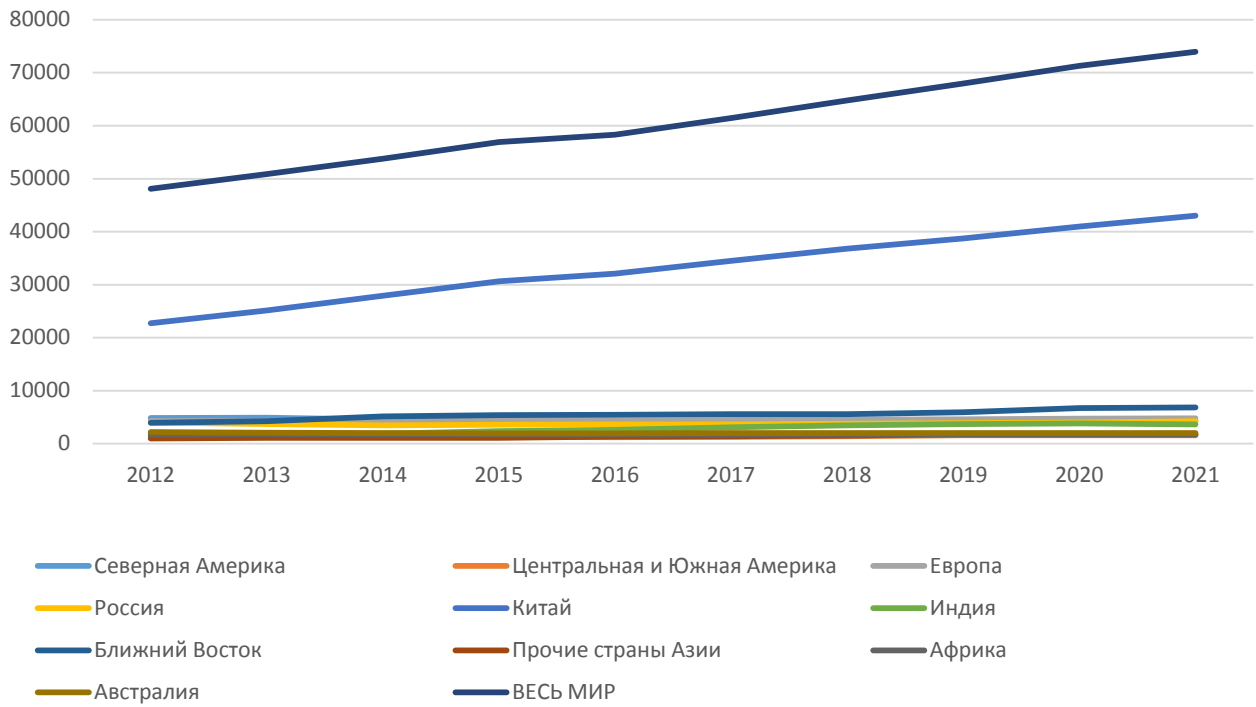


Рисунок 2 – Динамика производства алюминия по регионам, млн.тонн

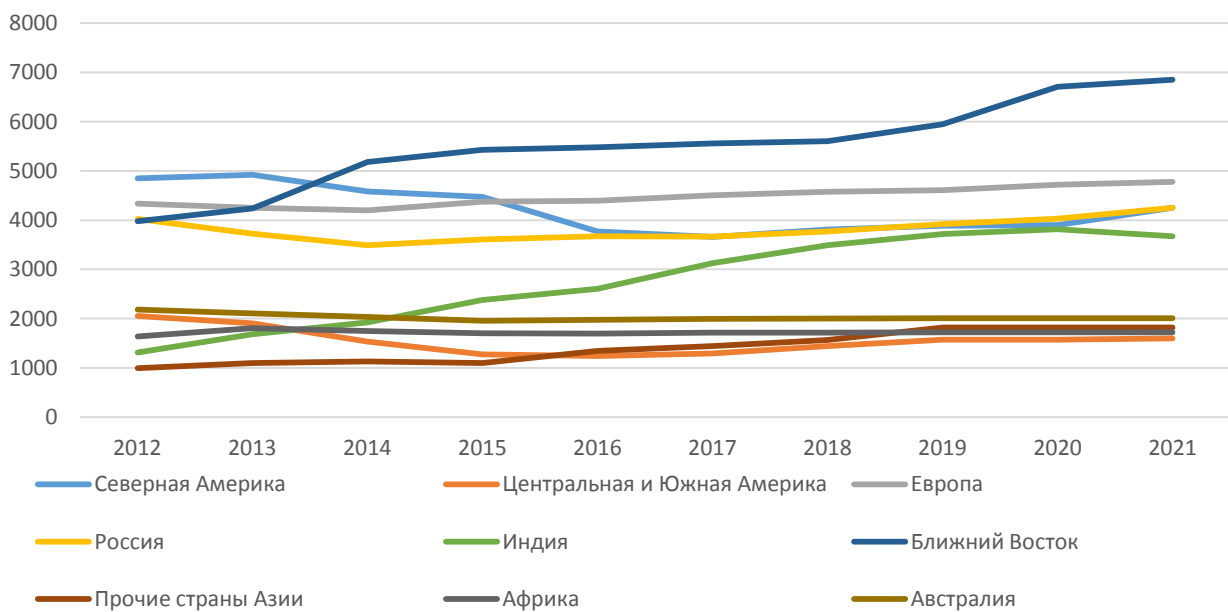


Рисунок 3- Динамика по регионам (без КНР),млн.тонн

На рисунках 2 и 3 видно, что Китай производит более 50% мирового алюминия. Динамика по регионам без Китая дает более наглядную картину по производству алюминия в других странах.

Конечно, на объемы производства в большинстве случаев влияет стоимость электроэнергии, стоимость добычи используемого сырья (глинозема и бокситов), а также мировая цена на первичный алюминий, устанавливаемая на Лондонской бирже металлов (ЛБМ).

Наибольшие запасы бокситов в мире сосредоточены в тропическом и субтропическом поясах Земли, поэтому основные объемы добычи обеспечивают страны Юго-Восточной Азии, Латинской Америки и Африки, а также Австралия. Как правило, в этих регионах расположены заводы по производству алюминия.

Что касается компаний крупнейших мировых производителей алюминия, то на сегодняшний день алюминиевый рынок представляет собой производителей первичного алюминия и сплавов (сегмент upstream), а также производителей алюминиевой продукции (сегмент downstream) и производителей алюминия из вторичного сырья (переработка алюминия).

Крупнейшие мировые производители алюминия представлены на рисунке 4.

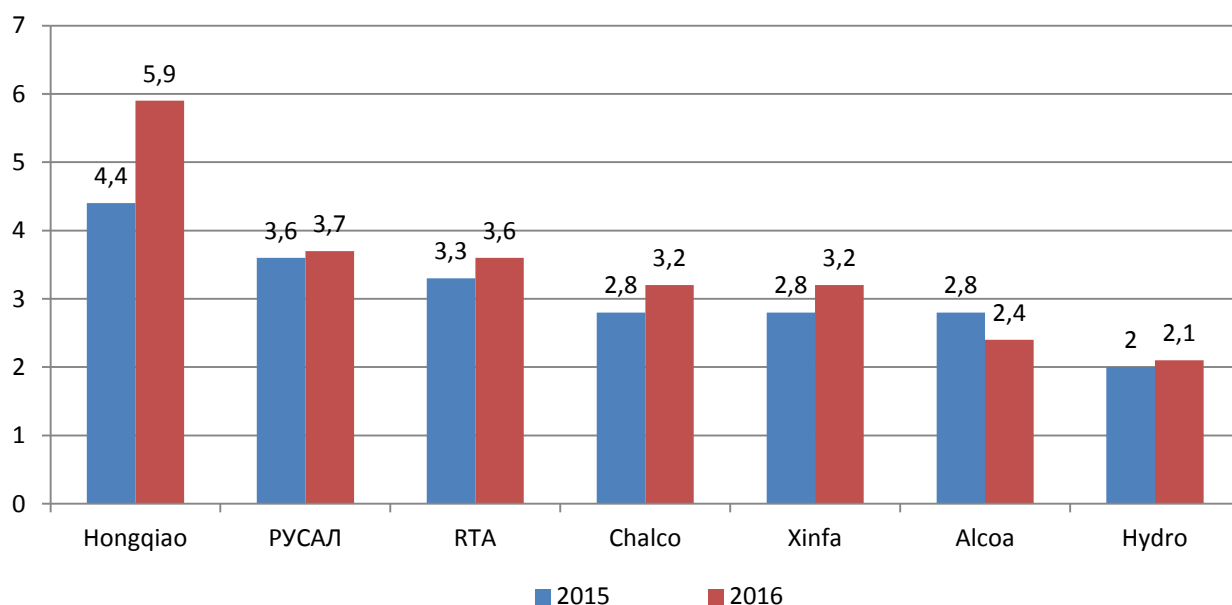


Рисунок 4- Крупнейшие мировые производители алюминия, млн. тонн

На рисунке 4 видно, что значительная доля производства алюминия приходится на китайские компании. По тенденциям 2017 года производство первичного алюминия в мире в 2017 году выросло на 5,7% – до 63,5 млн тонн. Производство первичного алюминия на рынках вне Китая увеличилось на 1% – до 27,2 млн тонн, в Китае – на 9,5%, до 36,4 млн тонн. Мы наблюдаем, что спрос на алюминий увеличивается с каждым годом, именно поэтому компании могут увеличивать объемы производства.

Китай в 2017 году сокращал производство алюминия, это связано с ограничительными мерами китайского правительства, которое обеспокоено экологической ситуацией в стране (сокращение объемов производства в зимний период). Это дает возможность другим компаниям наращивать свои производственные мощности. Так ОК «РУСАЛ» увеличило производство алюминия в 2017 г. на 0,6%, а продажи — на 3,6%. Рассмотрим более подробно данную компанию, оценим ее место на рынке алюминия, а также выявим возможные факторы влияния на деятельность компании, так как в выпускной квалификационной работе будет рассмотрен один из заводов компании АО «РУСАЛ Красноярск».

## **1.2 Положение ОК «РУСАЛ» на мировом рынке производства алюминия**

ОК РУСАЛ является одним из крупнейших мировых производителей алюминия, производит алюминий с низкой себестоимостью. Основные производственные мощности компании расположены в Сибири. Производственная цепочка РУСАЛа включает месторождения бокситов и нефелиновых руд, глиноземные предприятия, алюминиевые заводы, литейные комплексы, фольгопрокатные производства, а также электрогенерирующие мощности. В 2017 году на долю компании приходилось около 5,8% мирового

производства алюминия и 6,3% глинозема. В компании работают около 61 000 человек.[1]

РУСАЛ присутствует в 20 странах мира на 5 континентах. Компания реализует свою продукцию преимущественно на рынках Европы, Северной Америки, Юго-Восточной Азии, в Японии, Китае и Корее. Объем алюминия поставляемый Русалом представлен на рисунке 5.[1]

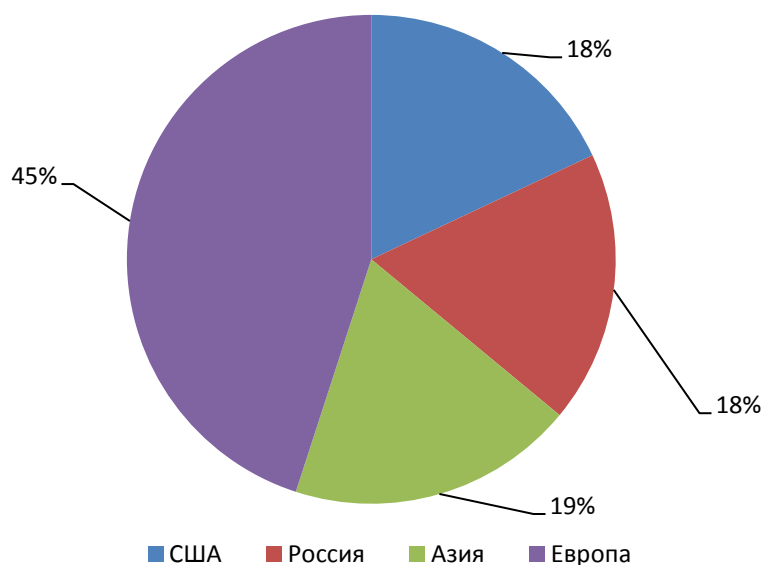


Рисунок 5- Основные страны потребители алюминия ОК РУСАЛ, %

На рисунке 5 видно, что большую часть производимой продукции компания поставляет на экспорт, что усиливает влияние экономической и политической ситуации на деятельность ОК РУСАЛ.

Также, на развитие компании и ее успешную деятельность влияет несколько факторов:

- спрос со стороны российских компаний и иностранных потребителей алюминия, который зависит от динамики развития основных отраслей потребления и экономики в целом;

- предложение со стороны крупнейших мировых производителей . На объем предложения влияют также процессы, происходящие в самой алюминиевой отрасли в России и в мире;

-тарифные и нетарифные ограничения развития алюминиевой промышленности.

В апреле 2018 года против ОК «РУСАЛ», En+ Group, "Группа ГАЗ", "Базовый элемент" были выдвинуты санкции США при расширении списка ограничений против российских бизнесменов и связанных с ними компаний. Как следствие, попавшие под санкции компании не могут осуществлять свою деятельность и поставлять готовую продукцию в США. На этом фоне началось обвальное падение котировок ценных бумаг многих российских компаний и банков. Исходя из сложившейся ситуации рассмотрим возможные пути повышения эффективности деятельности ОК «РУСАЛ».

### **1.3 Перспективные направления нейтрализации негативных последствий ухудшения ситуации на рынке**

ОК «РУСАЛ» производит алюминий и поставляет его как российским компаниям, так и зарубежным. Значительная доля уходит на экспорт. Можно сказать о том, что компания имеет экспортноориентированную направленность. В связи с этим у ОК возникают следующие проблемы и риски:

- влияние политических факторов;
- зависимость от спроса на алюминий зарубежных компаний;
- влияние LME на формирование цен на алюминий;
- кредитование за рубежом по более низким ставкам;
- высокие риски финансовых потерь экспортеров при проведении экспортных операций;
- сбой в поставка;
- влияние курса валют.

На сегодняшний день наибольшее влияние на деятельность объединенной компании РУСАЛ оказывают влияние риски связанные с политической обстановкой в мире, влияние курса валют, а также невозможность кредитования в Европе по более низким ставкам. Это в первую очередь связано

с введенными санкциями против российских компаний. От продажи алюминия за рубежом компания получала 79% своей выручки, (\$7,9 млрд). На США приходится около 18% (\$1,4 млрд), а на страны Европы – 19% (\$2,9 млрд). Попадание компаний в SDN-лист означает, что спрос на алюминий в ОК «РУСАЛ» значительно снизится. По действующим контрактам покупать алюминий у РУСАЛа будет нельзя с 5 июня.

Исходя из такого неблагоприятного положения компании на мировом рынке можно предположить, что данная ситуация может привести к следующим проблемам:

- 1) сокращение объемов производства;
- 2) рост затрат на производство алюминия;
- 3) неспособность компании отвечать по своим долговым обязательствам;
- 4) сокращение персонала;
- 5) потеря доли рынка на мировой арене;

Рассмотрим несколько возможных путей повышения эффективности деятельности компании, представленных на рисунке 6.

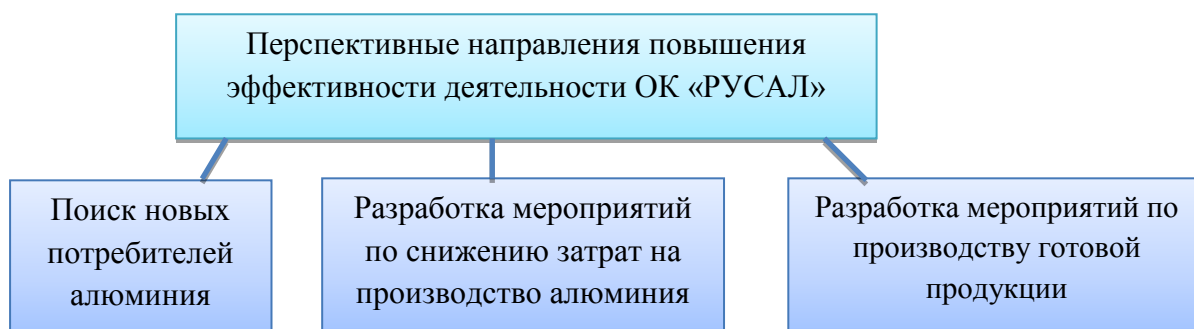


Рисунок 6 – Перспективные направления повышения эффективности деятельности ОК «РУСАЛ»

Наиболее подходящим вариантом повышения эффективности деятельности предприятия является разработка мероприятий по снижению затрат на производство алюминия. Этого возможно добиться за счет снижения затрат на основные статьи затрат таких как, сырье и материалы, энергетические расходы, а также затраты на ремонт машин и оборудования(цеховые

расходы). Необходимо разработать план мероприятий, которые смогут снизить затраты на производство тонны алюминия. Далее рассматривается характеристика деятельности предприятия АО «РУСАЛ Красноярск», а также статьи себестоимости затрат и предлагаются возможные мероприятия по их снижению.

## **2 Общая характеристика АО «РУСАЛ Красноярск»**

### **2.1 Структуры и основные виды деятельности АО «РУСАЛ Красноярск»**

Акционерное общество «РУСАЛ Красноярский алюминиевый завод» (сокращенно АО «РУСАЛ Красноярск», или КрАЗ) — один из крупнейших производителей алюминия в мире. На долю Красноярского алюминиевого завода приходится около 27,6% всего алюминия, производимого в России, и 2% объема мирового производства. Входит в состав крупнейшей в мире алюминиевой компании «РУСАЛ». Является одной из главных экспериментальных площадок для внедрения инновационных разработок РУСАЛа.[1]

В марте 2000 года КрАЗ вошел в состав российской компании РУСАЛ, которая образовалась в результате слияния компаний «Сибирский алюминий» и основных производителей алюминия в России, таких как САЗ, БрАЗ, НКАЗ, КрАМЗ, Самарский и Белокалитвинский металлургические заводы. Саянский и Канакерский (Армения) заводы по производству фольги, Ачинский и Николаевский глиноземные комбинаты.

С 2007 года КрАЗ переименован в ОАО «РУСАЛ Красноярск» и стал входить в крупнейшую в мире алюминиевую корпорацию United Company Rusal.

АО «РУСАЛ Красноярск» относится к алюминиевому дивизиону, который является основным звеном в технологической цепочке производства металла.[1]

КрАЗ производит следующие виды продукции :

-алюминий технической чистоты в виде мелкогабаритной чушки и крупногабаритной чушки (Т-образной чушки), слитков плоских;

-литейные сплавы в виде мелкогабаритной чушки и крупногабаритной чушки марок ALSi3, A356,2, A356,2Sr, ALSi11;



-деформируемые сплавы в виде слитков плоских марок 1100, 3000, 5000, 8079;

-алюминий высокой частоты (АВЧ) в виде мелкогабаритной и крупногабаритной чушки.

Производственная мощность предприятия составляет 1013 тыс. тонн в год.

Динамика объема выпускаемой продукции представлена на рисунке 6.

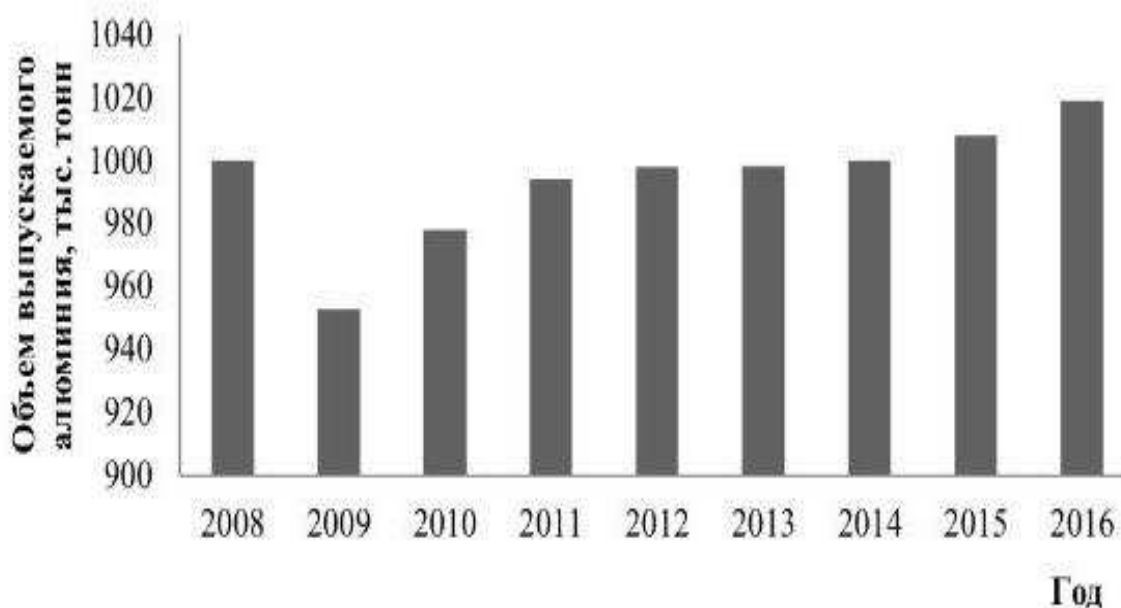


Рисунок 6-Объем выпускаемой продукции, тыс.тонн

В состав КрАЗа входит : 25 корпусов электролиза, 3 литейных отделения, отделение производства анодной массы.

Основные поставщики сырья: АГК (Ачинский глиноземный комбинат), НГЗ (Николаевский глиноземный завод), «Павлодарский глиноземный завод», ММК (Магнитогорский металлургический комбинат) – поставка жидкого пека, производители Китая – поставка гранулированного пека и углеродной продукции (анодные блоки), ЮУКЗ (Южно-Уральский криолитовый завод) – поставка криолита свежего и алюминия фтористого.[1]

АО «РУСАЛ Красноярск» поставляет продукцию, как первичный алюминий так и сплавы, на прямую конечным потребителям - производителям строительных конструкций, упаковки, транспорта в числе которых крупнейшие промышленные компании в мире – «Алкоа», «Гидро», «Новелис», «Боинг», «Тойота», «Эйрбас», «Дженерал Моторс». Экспорт продукции: СНГ, Китай, Япония, Корея, США, страны ЕС. На рисунке 7 изображена структура потребления алюминия разными отраслями промышленности.



Рисунок 7- Основные потребители продукции РУСАЛа за 2017г, %

Наибольшую долю занимает упаковка -24%, одинаковый удельный вес занимает строительство и транспорт-23%, машиностроение и прочие занимают по 15 %. Алюминий востребован практически во всех отраслях промышленности, от этого спрос на него растет с каждым годом. АО «РУСАЛ Красноярск» производит алюминий высокой чистоты, от этого напрямую зависит спрос на алюминий товарный. Рассмотрим более подробно технологию производства алюминия.

## 2.2 Технология производства алюминия

Процесс производства алюминия включает в себя три стадии: анодное, электролизное и литейное производство. Стадии представлены на рисунке 8.

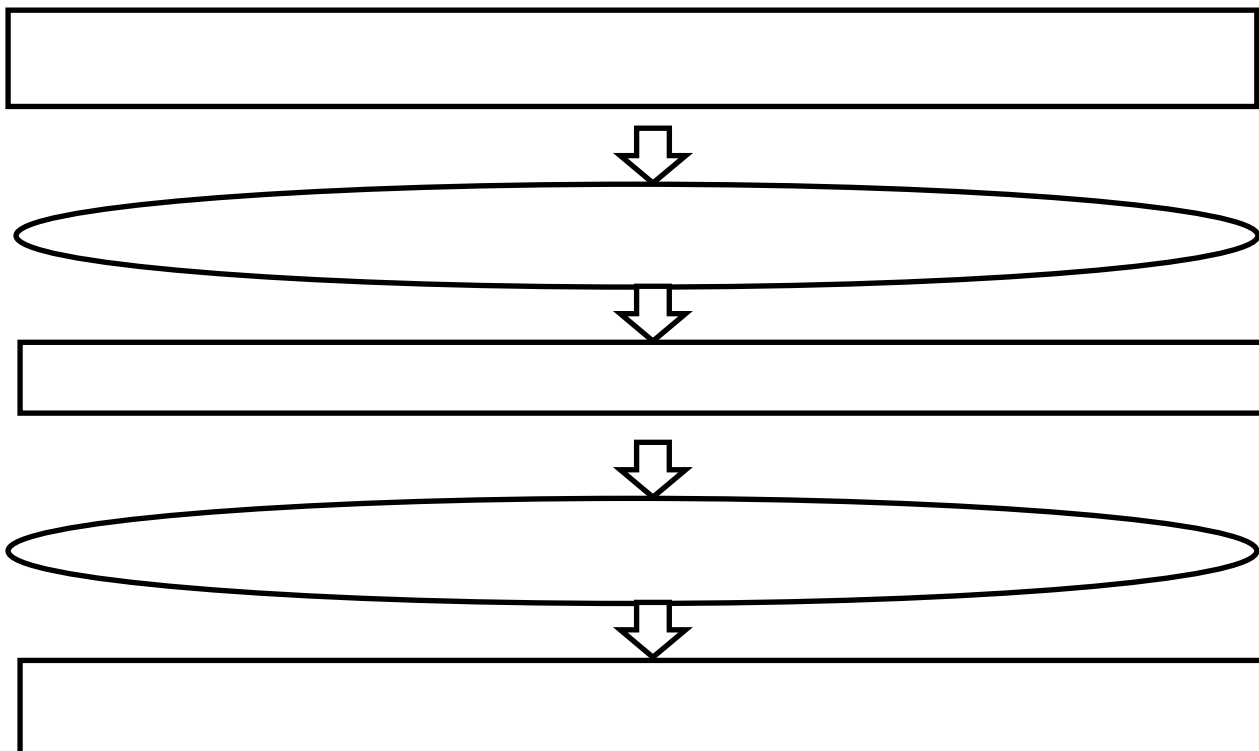


Рисунок 8– Процесс производства алюминия

Рассмотрим более подробно каждую из стадий:

а) анодное производство:

Анодный цех производит анодную массу и анодные блоки, которые используются в электролизных цехах для получения первичного алюминия. Дирекция по анодному производству представляет собой участок производства анодной массы, участок подготовки обожженных анодов, участок разгрузки сырья, прокаливания коксов и выработки пара группы планирования и обеспечения.[11]

На предприятии используют два вида анодов: обожженные аноды и самообжигающиеся аноды (аноды Содерберга).

б) электролизное производство:

Электролизное производство производит первичный алюминий путем электролитического разложения глинозема в электролизных ваннах. В состав дирекции по электролизному производству входят: серии корпусов электролиза, участок производства фторсолей, участок выливки металла, участок обработки электролизеров, группа планирования и обеспечения.

Серии корпусов организованы по корпусному принципу. Каждая серия состоит из нескольких корпусов – от одного до трех. Всего 13 серий и 25 корпусов, где производится алюминий-сырец, который затем в жидком виде транспортируется в литейные отделения. Каждую серию возглавляет старший мастер серии корпусов. Деление на корпуса обусловлено большими объемами производства, около 1 млн. тонн первичного алюминия в год.

Также на предприятии существует испытательный аналитический центр:

Испытательный аналитический центр состоит из физической и химической лабораторий и выполняет количественные измерения показателей качества сырья, процессов и продукции. На всех этапах производства алюминия происходит качественная оценка используемого сырья.

г) литейное производство:

Дирекция по литейному производству состоит из трех литейных отделений и группы планирования обеспечения. Литейные отделения получают первичный алюминий в ковшах в жидком виде и производит из него следующие виды продукции:

- алюминиевые деформируемые сплавы в виде слитков;
- литейные алюминиевые сплавы в виде Т-образных чушек;
- алюминий высокой частоты в виде мелкогабаритных чушек;
- алюминий технической частоты в виде мелкогабаритных и Т-образных чушек, слитков, шин.

Первичный алюминий, полученный в корпусах электролиза, транспортируют в литейные отделения. После отбора проб, снятия шлака и отстаивания металл заливают в миксер-копильник, в котором производят первоначальную обработку и очистку металла. При получении экспресс-

анализа металл переливают в раздаточный миксер, в котором проводят окончательную обработку металла. Затем металл разливают на литейной машине.

С целью получения товарного металла в литейном производстве используют следующие способы литья[9]:

- наполнительное литье мелкогабаритных чушек массой 15 кг из технического алюминия (марок А8, А7, А6, А5) и литейных сплавов на его основе типа алюминий-кремний (например, силумин, сплав А356.2 и др.);

- полунепрерывное литье крупных Т-образных слитков для повторной переплавки, а также плоских слитков, которые без повторной переплавки направляются потребителю для дальнейшей механической обработки.

Таким образом, стадия литья является завершающим этапом при производстве алюминиевых слитков.

В выпускной квалификационной работе нами более подробно будет рассмотрено электролизное производство. На АО «РУСАЛ Красноярск» алюминий получается электролитическим способом. Алюминий производится в агрегатах, называемых алюминиевыми электролизерами. Группа электролизеров, подключенных к одной преобразовательной подстанции, называется электролизной серией.

### **2.3 Характеристика электролизного цеха**

Объектом исследования был выбран электролизный цех. В электролизных цехах производят первичный алюминий путем электролитического разложения глинозема в электролизных ваннах.[7] К электролизному производству относятся: серии корпусов электролиза, участок производства фторсолей, участок выливки металла, участок обработки электролизеров, группа планирования и обеспечения.

Предприятие оснащено 2233 электролизерами, которые объединены в электролизные корпуса (13 серий: 4 коротких – 86 электролизеров и 9 длинных

- 172-188 ванн). Один из корпусов VSS оснащен электролизерами на силу тока 165лА, остальные корпуса работают с силой тока 158 +/- 0,5 кА.

Кроме того, на КрАЗе имеются 310 ванн с обожженными анодами, объединенных в три корпуса (три коротких серии, один корпус 162 кА и два 120кА). Корпуса объединены в три электролизных цеха.

К оборудованию электролизного цеха относят:

1) Электролизёр- представляет собой ванну с расплавленным криолитом. Этот расплавленный криолит является электролитом в этом электрохимическом процессе. Типичный электролизер имеет длину около 5-10 м. [12]

2)Машина загрузки анодной базы (МЗАМ МЗАМ «Хенкон»)- предназначена для внутрицеховой транспортировки анодной массы и дозированной загрузки ее в аноды электролизеров с верхним токоподводом с самообжигающимися анодами типа С-8БМ и их модификации.

3) Машины прорезки периферии анодов (МППА) –предназначена для прорезки и подпрессовки периферии анода электролизеров с самообжигающимися анодами.

4)Машины пробивки корки электролита- используются для разрушения корки электролита при проведении поточной обработки и выполнении отдельных технологических операций на электролизерах с верхним токоподводом, с самообжигающимися анодами типа С-8БМ.

5) Пылеуборочная машина-применяется для механизации трудоемких работ по очистке основных площадей от просыпи различных материалов и пыли.

6) Электромостовые штыревые и монтажные краны-предназначены для перестановки анодных штырей и выполнения технологических операций по обслуживанию, ремонту электролизеров с верхним токоподводом, самообжигающимся анодом.

7) Автопогрузчик «Хайстер» НЛ-1,58 – используется для замены секций газосборного колокола электролизёра.

8) Вакуум-ковш ВКА-5СК – предназначен для набора металла из электролизёра ,транспортировки в литейное отделение и заливки в миксер копильник.

9) Балки для перетяжки анодной массы.

Электролизер с самообжигающимся анодом изображенный на рисунке 10 состоит из следующих основных узлов:[15]

- а)катодное устройство;
- б)анодное устройство;
- в)ошиновка;
- г)система автоматического питания ванн глиноземом (АПГ).

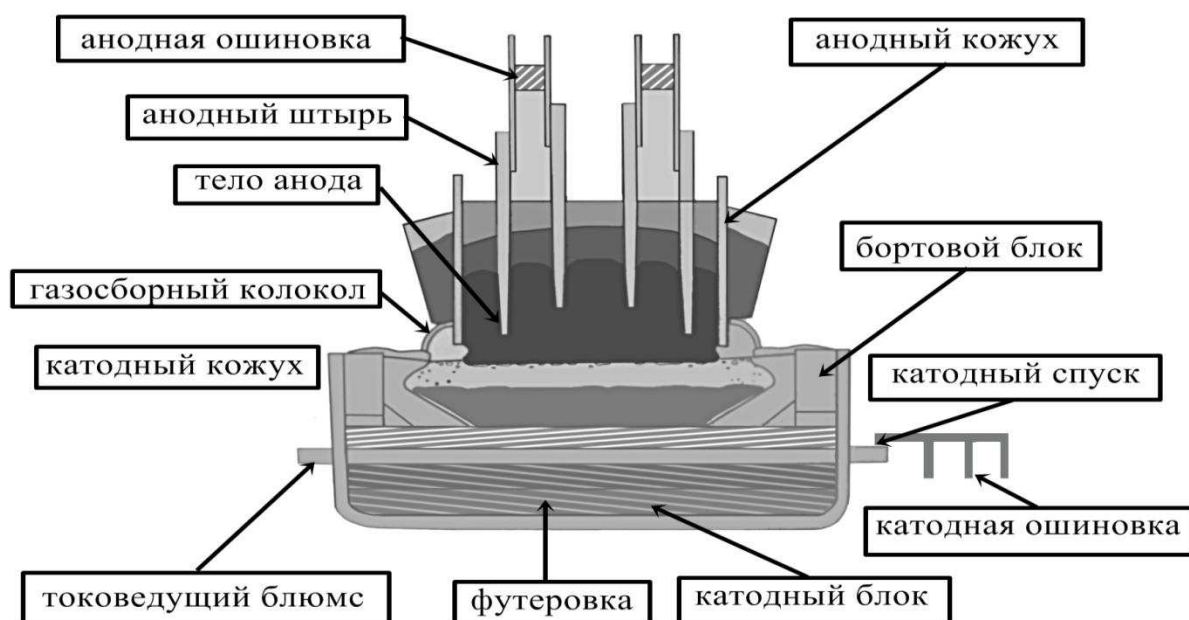


Рисунок 10 - Электролизер с самообжигающимся анодом

Катодное устройство представляет собой стальной кожух, футерованный теплоизоляционным кирпичом и углеродистыми материалами. В нижней части боковых сторон расположены стальные блюмсы для отвода тока от подины.[21]

Анодное устройство состоит из собственно угольного анода, помещенного в стальной кожух, газосборного колокола, анодной рамы и анодных штырей, служащих для подвески анода и подвода тока к нему, основных и вспомогательных механизмов подъема анода. Число штырей определяется мощностью электролизера. Штыри в теле анода располагаются на

нескольких горизонтах. Газосборный колокол, собранный из чугунных литых секций, подвешен на специальном пояске в нижней части анодного кожуха по его периметру.[21]

Ошиновка предназначена для подвода (анодная ошиновка) и отвода (катодная ошиновка) тока. Ошиновка состоит из алюминиевых полос (шин) и пакетов гибких алюминиевых лент. Ток к аноду подводится с помощью 4 или 3 стояков. Для равномерного отвода тока и уменьшения горизонтальных токов в металле катодная ошиновка выполнена секционированной.

Система автоматического питания ванн глиноземом (АПГ) состоит из четырех бункеров, двух шкафов пневмораспределения, блока автоматизации, четырех пробойников и предназначена для управления концентрацией глинозема в криолит-глиноземном расплаве. Технологическая схема производства алюминия-сырца приведена на рисунке 11.

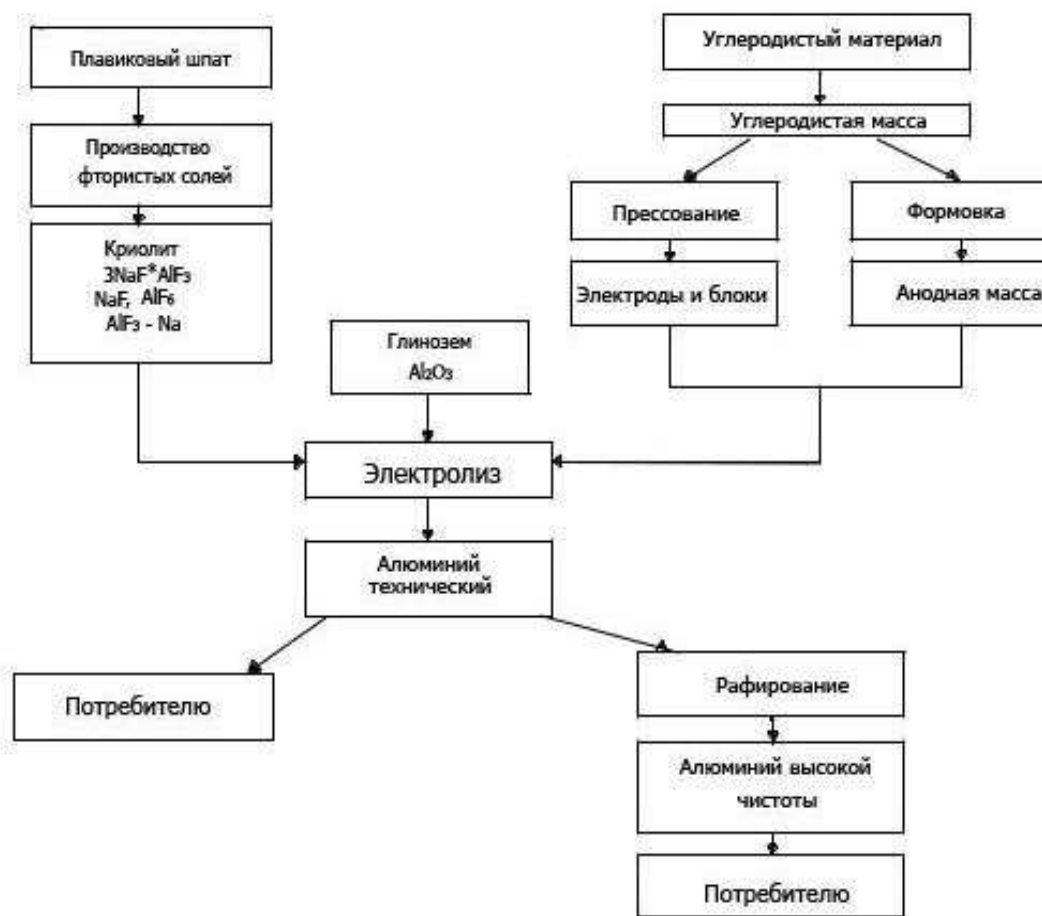


Рисунок 11 – Технологическая схема производства алюминия-сырца



Конечно, особое значение играет используемое оборудование в процессе электролиза. Электролизер является дорогостоящим оборудованием, затраты на ремонт составляют в среднем 4 миллиона рублей. Продление жизненного цикла электролизера может повлиять на их снижение. Рассмотрим более подробно этапы жизненного цикла электролизера.

## 2.4 Жизненный цикл электролизера

Жизненным циклом электролизера является период от ввода в эксплуатацию и до отключения в капитальный ремонт. Срок службы оборудования - это календарное время эксплуатации, обусловленное уровнем морального и физического износа оборудования. Нормативный срок службы устанавливается на основе единых норм амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов. В целом на предприятиях алюминиевой промышленности средним сроком службы является срок в 60 месяцев. На рисунке 12 схематично представлен жизненный цикл электролизера.[19]

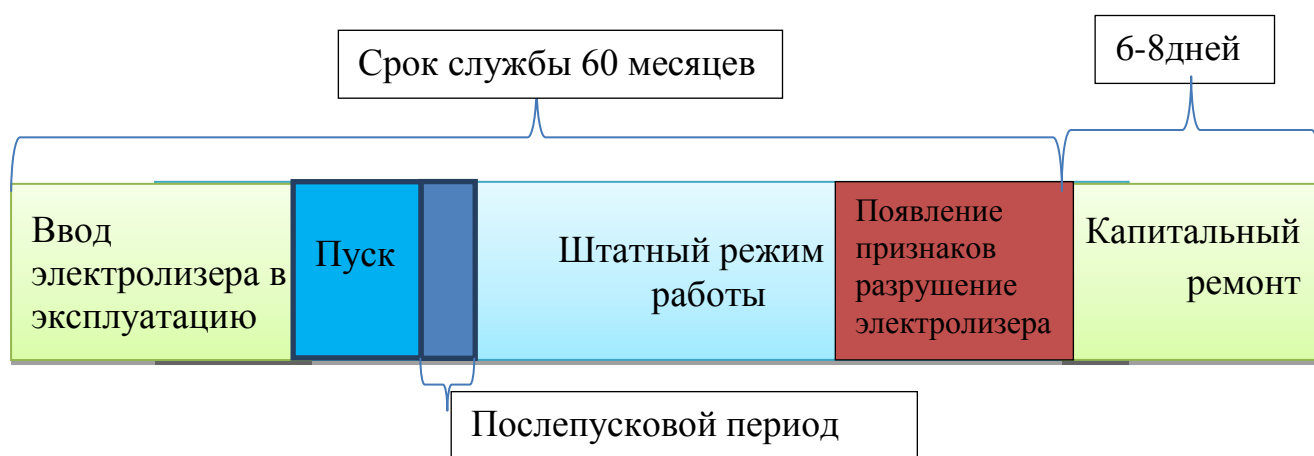


Рисунок 12- Жизненный цикл электролизера

В основе электролитического производства алюминия лежит электролиз криолито-глиноземного расплава, основными компонентами которого являются: криолит  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , фтористый алюминий  $\text{AlF}_3$ , глинозем  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Электролит в расплавленном состоянии диссоциирует на ионы: положительно заряженные ионы (катионы) разряжаются на катоде, отрицательные ионы (анионы) – на угольном аноде. Основным процессом на катоде – восстановление трехвалентного алюминия.

Теоретически в процессе электролиза расходуются только глинозем и углерод, а также электроэнергия, необходимая как для разложения глинозема, так и для поддержания требуемой рабочей температуры электролита. Фактически расходуются и фтористые соли вследствие их улетучивания и пропитки угольной футеровки.[10]

Процесс электролиза непрерывный, поэтому периодически в электролит загружают глинозем, фторсодержащие соли, а в анод – анодную массу. Для поддержания уровня и состава электролита загружают смешанный криолит, оборотный электролит, фтористый алюминий, соду кальцинированную.

На определенном этапе происходит разрушение электролизного устройства, тогда предприятие понимает, что электролизеру необходим капитальный ремонт. Капитальный ремонт требует значительных затрат, так как происходит полная замена оборудования, фактически создания нового электролизера. Продлив срок жизни электролизера, завод может значительно сократить затраты на его демонтаж.

Проблемы увеличения срока службы электролизеров объясняются влиянием на него ряда факторов[19][20]:

- конструкция катода и анода;
- качество материалов;
- технологический уровень капитального ремонта;
- технология обжига и пуска, качество глинозема;
- состав электролита, температурный и энергетический баланс при эксплуатации электролизера.

Наиболее важной составляющей увеличения жизненного цикла электролизера является капитальный ремонт, от грамотного и своевременного ремонта зависит качество выпускаемой продукции, а также уровень затрат на ее

производство. рассмотрим основные стадии капитального ремонта электролизера.

## **2.5 Процесс капитального ремонта электролизёра**

Алюминиевый электролизер – это дорогостоящий агрегат сложной конструкции. Как и любому устройству электролизеру требуется капитальный ремонт. Основными причинами отключения электролизеров на капитальный ремонт является[20]:

- рост содержания железа в алюминии-сырце;
- разрушение катодного устройства;
- разрушение подины;
- низкое качество работ при выполнении капитального ремонта;
- неправильный подбор технологических параметров электролизеров.

Основным показателем необходимости ремонта электролизера является рост содержания железа в алюминии-сырце, так предприятие понимает, что происходит разрушение угольной подины и алюминий начинает «течь» между межблочными швами проникая к стальным блокам, тем самым загрязняя на выходе алюминий сырец, а как следствие сокращая жизненный цикл электролизера.

Продлить жизненный цикл электролизера возможно учитывая следующие факторы:

- 1)уделить особое внимание устойчивости против разрушения футеровки катодной части и катодного кожуха;
- 2)соблюдать необходимые условия обжига и пуска электролизёров;
- 3) качественная установка электролизера после капитального ремонта;

Рассмотрим более подробно капитальный ремонт электролизеров, который включает в себя 8 этапов, представленных на рисунке 13.

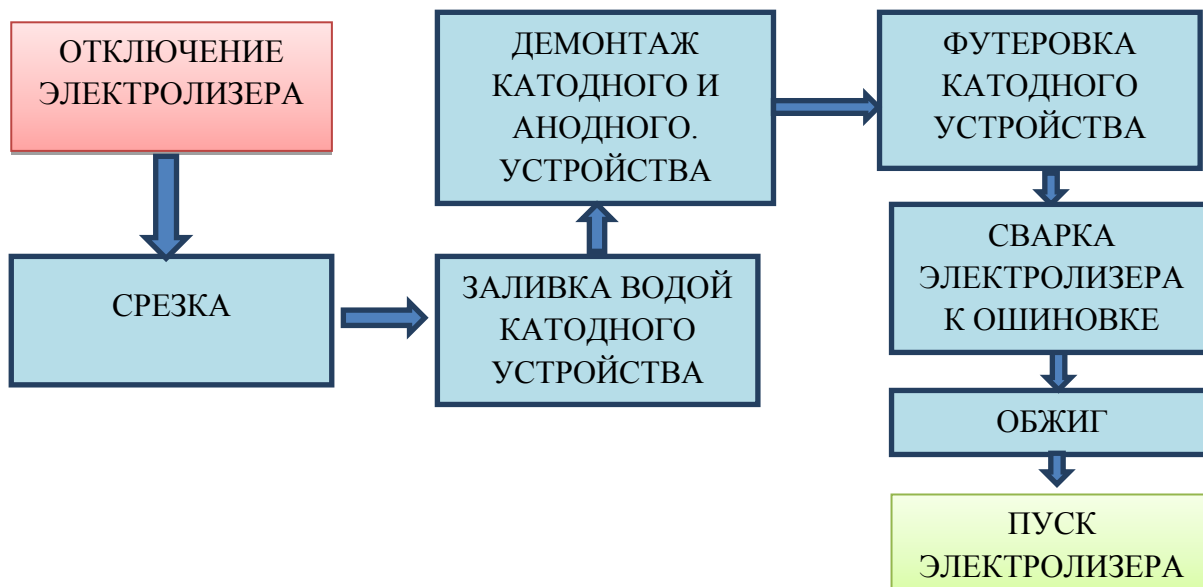


Рисунок 13-Этапы капитального ремонта электролизера

На первом этапе происходит отключение электролизера из серии, на предприятии не отключают всю серию. Ток проводят обходя электролизер (ставят шунты), которому необходим капитальный ремонт. Происходит сливка металла, снятие секций газосборного колокола, дают ванне остыть. Схема представлена на рисунке 14.

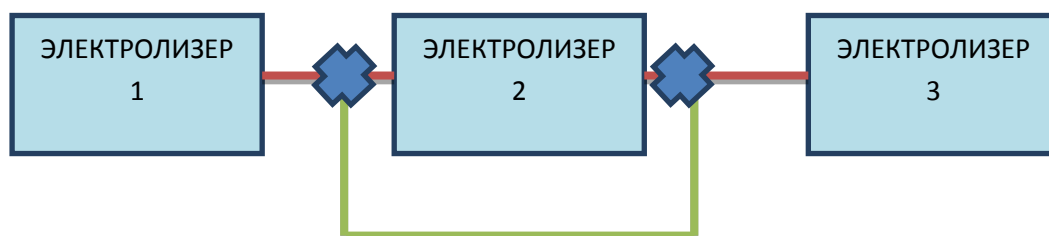


Рисунок 14- Схема отключения электролизера из серии

Следующим этапом происходит срезка анодного устройства. Это необходимо для того, чтобы избежать застывания, что далее затруднит демонтаж электролизера. Монтажным краном увозится анод и демонтируется в цехе капитального ремонта.

После того, как срезали анодное устройство и по истечению 24 часов происходит заливка водой. Вода находится в шахте до полного остывания. В процессе работы электролизера образуется защитная настывль, это смесь

глинозема и электролита, ее целью является защитить бортовую футеровку от разрушения. А также коржи, которые усложняют демонтаж. Так как масса катодного устройства составляет около 95 тонн, а грузоподъемность монтажного крана составляет 100 тонн нам необходимо очистить от настыли и коржей катод, это возможно при взаимодействии с водой, так как она вступает в химическую реакцию с электролитом и карбидом калия, после чего они поддаются физическому воздействию для дальнейшего удаления с падины.

Перед заменой катода приезжает специальный комплекс состоящий из гидромолота, трактора с отбойным молотком, экскаватор для сбора остатков сырья(настыли и коржей). После чего монтажным краном увозится катод в цех капитального ремонта. Дальнейшие операции по демонтажу ванн происходят следующим образом: разборка футеровки, удаление блюмсов, разборка и удаление кирпичной кладки цоколя, осмотр кожуха и опор.

Далее происходит установка нового катода(сварка к ошиновке), это достаточно трудоемкий процесс, который требует пристального контроля. После полной установки в электролизных цех приходит группа экспертов, которая оценивает все отклонения при демонтаже катода.

Заключительной стадией является обжиг. На данном этапе учитывается температура обжига, здесь технологической машиной Фесто контролируется верное нарастание температуры, так как от правильности подачи температуры зависит планомерно протекание процессов, что в дальнейшем приведет к увеличению срока службы электролизера. Обжиг на сегодняшний день длится 48 часов.

Далее происходит пуск электролизера, заливается электролит, подключают в сеть, заливается оставшийся электролит.

Своевременный и грамотный капитальный ремонт электролизера приводит к увеличению жизненного цикла. Учитывая изложенный нами механизм ремонт, необходимо разработать план мероприятий, который будет способствовать увеличению жизненного цикла в среднем до 72 месяцев. В целом на увеличение срока службы влияет: качество используемых материалов;

квалифицированный персонал; время обжига; ремонт электролизера без отключения.[14]

Учитывая факторы влияния на срок службы электролизера можно продлить его до 72 месяцев, а это существенно сократит затраты на капитальный ремонт, а следовательно уменьшит себестоимость. Рассмотрим структуру затрат капитального ремонта.

### 3 Экономическое обоснование увеличения жизненного цикла электролизера

#### 3.1 Анализ затрат электролизного цеха

Важное значение в производстве продукции играют затраты. Анализ затрат проводится с целью оценки результатов деятельности предприятия и рационального управления его прибылью. Анализ затрат необходим для усиления контроля за экономным использованием ресурсов и соблюдением лимита материальных расходов. Учет отклонений их от нормы позволяет выявить резервы экономии и предотвратить излишнюю трату средств. Рассмотрим затраты на производства алюминия сырца, представленные в таблице 2, и выявим возможные пути их снижения.

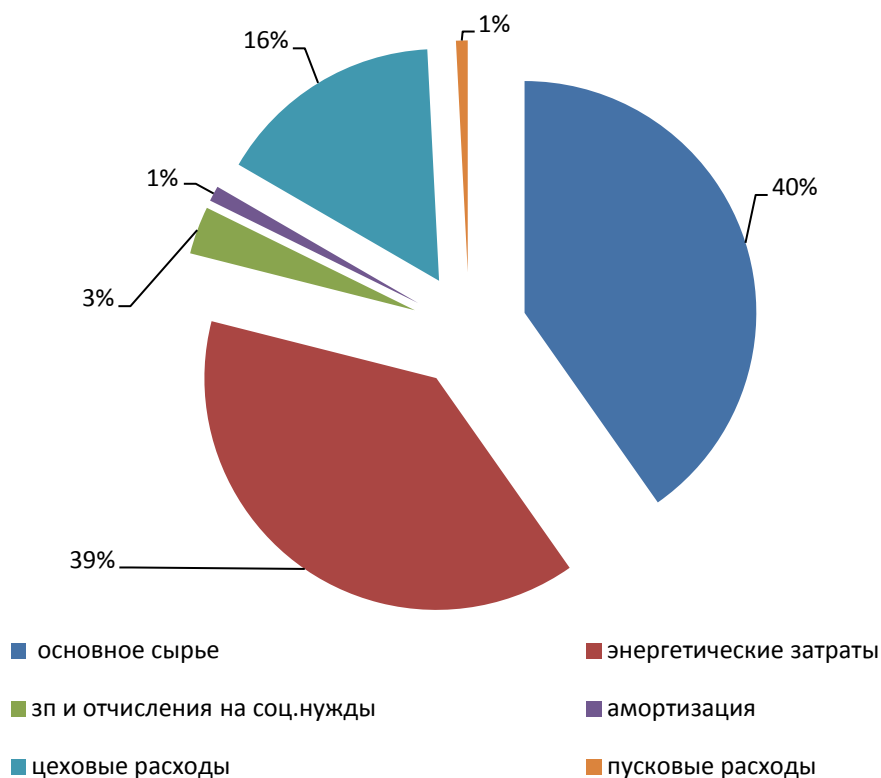


Рисунок 15 - Структура затрат на производство алюминия-сырца, %

Исходя из рисунка 15 мы видим, что большую часть затрат составляют такие статьи как энергетические затраты, основное сырье, цеховые расходы. Рассмотрим более подробно данные статьи.

К основным видам сырья относятся: глинозем, криолит и криолит смешанный, фторалюминий, фторкальций, анодная масса, анодные блоки. На рисунке 16 представлена динамика роста затрат на основное сырье на единицу продукции.

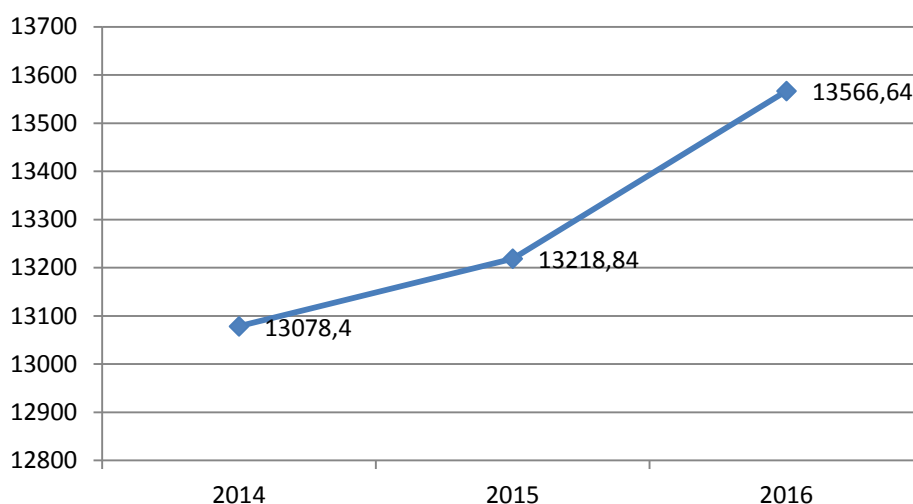


Рисунок 16 - Динамика роста затрат на сырье 2014-16гг, руб./т.

Такое изменение можно объяснить ростом цен на некоторые виды сырья. В таблице 3 показаны изменения цен на сырье.

Таблица 3-Изменение цен на сырье руб/т

Виды сырья	2014год	2015 год	2016 год
Глинозем	3624,28	3268,41	3406,62
криолит	171625,36	194555,56	н/д
криолит смешанный	5872,78	8222,46	9035,9
Фторалюминий	43612,9	50114,26	40724,95
Фторкальций	10870,98	12983,65	11097,21
анодная масса	7530,02	8954,33	9493,33
анодные блоки	22148,22	23319,39	23759,67

Значительное изменение цен наблюдается на следующие виды сырья: криолит, криолит смешанный, анодная масса. Можно сделать вывод о том, что производство алюминия является материалоемким и требует значительных затрат. Снижения материальных затрат является довольно долгим процессом,



предприятию необходимо снижать затраты именно в данный момент, так как сложившаяся ситуация с вводом санкций США значительно повлияет на выпуск продукции. Конечно, стоит обратить внимание на данную статью затрат в будущем периоде.

Динамика изменения статьи «Энергетические затраты» показана на рисунке 17.

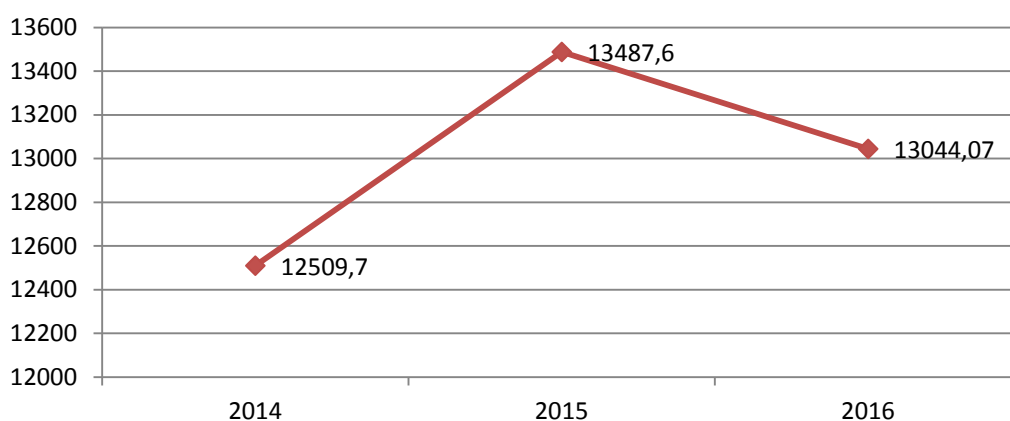


Рисунок 17 - Динамика изменения энергетических затрат на единицу продукции, руб/т.

В 2015 году наблюдается увеличение затрат на энергоресурсы. Такое изменение связано с ростом цен на следующие статьи: потери в трансформаторах, потери в КПП, энергия постоянная, сжатый воздух, что привело к значительному увеличению цеховой себестоимости. В 2016 году мы видим уменьшение затрат, но в структуре цеховой себестоимости данная статья продолжает занимать значительный удельный вес. Предприятие поставила цель по снижению затрат на энергоресурсы и вводит проект по энергоэффективности. Для снижения расхода электроэнергии АО «РУСАЛ Красноярск» осуществляет внедрение энергоэффективной конструкции электролизера (ОА-120 (АЛ 46) – 30 электролизеров; С-8БЭ, С8БМЭ (АЛ250,269)- 302 электролизера), а также повышение производительности электролизёров путем увеличения выхода по току 0,15%. Также, при отключении в капитальный ремонт электролизера имеет место быть значительные потери электроэнергии, это происходит из-за неверной срезки

электролизера из серии. Предприятие ставит задачу более грамотно и эффективно производить отключения электролизера из серии.

Также значительную долю в структуре затрат занимает статья цеховые расходы. Рассмотрим более подробно данную статью по элементам затрат, представленную в таблице 4.

Цеховые расходы-это статья калькуляции себестоимости продукции, которая включает затраты по содержанию и эксплуатации машин и оборудования (группа А), а также связанные с организацией, обслуживанием и управлением производством(группа Б).

Группа А включает в себя:

-содержание оборудования и рабочих мест(заработная плата с отчислением на социальные нужды, стоимость потребления топлива, силовой электроэнергии, услуги вспомогательных цехов по обслуживанию оборудования);

-текущий ремонт оборудования (стоимость технологических инструментов и других вспомогательных материалов, услуги ООО «РУС-Инжиниринг» по капитальному ремонту электролизеров, услуги УПФС(производство фторсолей), услуги УПОА (подготовка обожженных анодов) и др.);

-внутризаводское перемещение грузов(услуги сторонней организации ООО «КраМЗ-АВТО» по технологическим машинам , по перевозке анодной массы от склада готовой продукции до корпусов электролиза);

-амортизационные отчисления по действующим нормам и транспортных средств;

-транспортно-заготовительные расходы (процент ТЗР на вспомогательные материалы, ГСМ, топливо).

Группа Б включает в себя:

а)заработная плата с отчислениями цехового персонала(аппарат управления цеха и организации производства);

б) содержание зданий и сооружений (услуги энергоцеха по отоплению, водоснабжению, стокам, по обслуживанию инженерных сетей, зданий сооружений);

в) текущий ремонт зданий и сооружений (услуги сторонних организаций по текущему ремонту производственных зданий и сооружений);

г) расходы по охране труда (профосмотр, спецпитание и др);

д) прочие расходы.

Исходя из таблицы 4 мы видим, что наибольшую часть затрат составляют затраты на текущий ремонт машин и оборудования, которые в свою очередь включают в себя затраты на капитальный ремонт электролизеров. Считаем возможным снижение затрат на производство алюминия именно за счет данной статьи. В сложившейся неблагоприятной ситуации в мире предприятию необходимо будет снижать затраты именно в краткосрочном периоде. Этого возможно добиться за счет повышения эффективности электролизного производства за счет продления жизненного цикла. Рассмотрим затраты на капитальный ремонт электролизера.

### **3.2 Анализ затрат на капитальный ремонт электролизера**

Затраты на капитальный ремонт электролизера входят в состав цеховых расходов, необходимо рассмотреть статьи затрат на капитальный ремонт электролизера тип С8БМэ и выявить возможные пути их снижения представлены в таблице 5.

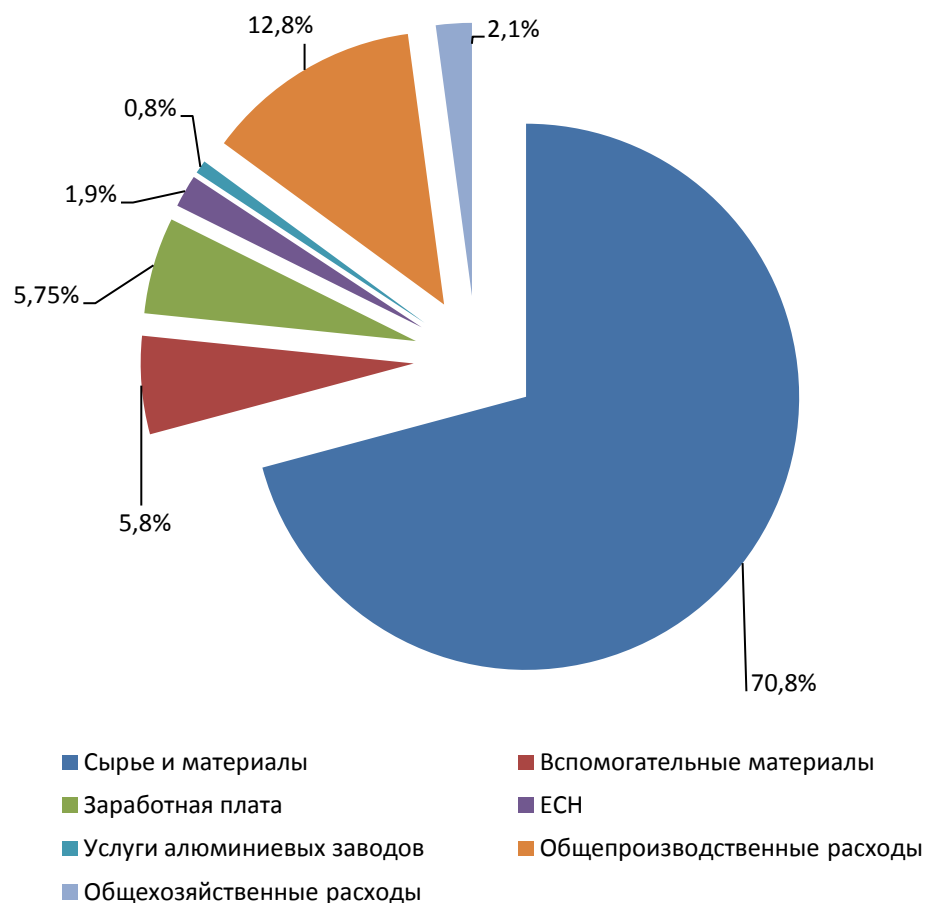


Рисунок 20 - Структура затрат на капитальный ремонт одного электролизера, %

На рисунке 20 видно, что наибольшие затраты составляет статья сырье и материалы. Это объясняется тем, что при капитальном ремонте электролизера меняются практически все составные части устройства. От качества используемого материала зависит в дальнейшем срок службы электролизёра.

Рассмотрим возможные варианты увеличения жизненного цикла электролизера.

1) Ремонт электролизера без отключения в капитальный ремонт;

Основным показателем, который свидетельствует о необходимости ремонта электролизера является выход алюминия сырца с содержанием железа около 0,5%. Разрушение может быть незначительным и не требующим отключения в капитальный ремонт. Так разработано мероприятие о забивке

разрушений подины отливками изготовленными из смеси электрокорунда и хрономагнезитового кирпича. [14]

Процесс забивки заключается в следующем:

- электролизник специальным инструментом(скребок для подтягивания осадков) ищет разрушение в падине. Как только он понимает, где находится разрушение- отмечает его. Следующим этапом будет забивка отливкой (электрокорунд и хрономагнезитовый кирпич). Далее укладывают отливку на трещину и следят за выходом алюминия чистого. Если мы наблюдаем снижения загрязнения, то ремонт был произведен верно и электролизеру на данном этапе не требуется полного отключения в капитальный ремонт.

Электрокорунд является огнеупорным и химически стойким сверхтвердым материалом, который отлично справляется с агрессивной средой производства алюминия. [17]Хрономагнезитовый кирпич также обладает высокой огнеупорностью. В основе хрономагнезитового кирпича лежит обожжённая хромистая руда железняка и глинозём, а обожжённый магнезит добавляется для получения необходимых огнеупорных качеств. Спрос на хрономагнезитовые огнеупоры обусловлен тем, что эти изделия не подвержены расширению от температурного воздействия, т.е. сохраняют свою изначальную форму. Именно это свойство необходимо для ремонта трещин подины, так как имея способность к расширению может способствовать еще большему разрушению подины. Используя данное мероприятие мы можем значительно продлить срок службы электролизера. [16]

2) Применение холоднотравной подовой массы в объеме капитального ремонта электролизеров.

Холоднотравная подовая масса относится к области цветной металлургии, в частности к производству углеродных материалов, применяемых для футеровки подины электролизера. Масса содержит электрокальцинированный антрацит, жидкое углеродное связующее, пластификатор и специальную добавку, жидкое углеродное связующее имеет следующий состав,%: каменноугольный пек 53,3-61,7, поглотительное масло 37,8-43,7,

антиокислительная добавка 0,5-3,0. В качестве антиокислительной добавки используют нитрид бора. Обеспечивается возможность применения при изготовлении холодноабивных подовых масс для заполнения межблочных и, особенно, периферийных швов в подине электролизеров и повышение эксплуатационной стойкости углеродных подин при эксплуатации электролизеров.[17]

Основные проблемы в работе электролизера возникают из-за протекнов электролита и металла через межблочные или периферийные швы, а также из-за разрушения массы в процессе эксплуатации по причине окисления в местах доступа воздуха, например, через блюмсовые окна, особенно эта опасность велика в мощных электролизерах с большим размером ванн.[18] Для исключения указанных проблем необходима хорошо уплотняющаяся холодноабивная подовая масса, расширяющаяся при обжиге и прочно соединяющая подовые блоки между собой, стойкая к окислению, при высоких качественных показателях. Такими характеристиками обладает нефтяное пеко.

Производством холодноабивной подовой массы занимается ЗАО «ЭПМ-НовЭЗ». Масса изготовлена на пеке «РУТГЕРС» (Германия). Необходимость применения именно данного пека обуславливается следующим:

Нефтяные пеки отличаются по своему химическому составу от обычных каменноугольных пеков. Отсутствие хинолиновой составляющей, малое содержание гетероатомов и избыточное содержание алифатического водорода – наиболее заметные отличительные характеристики нефтяных пеков. Эти пеки плохо смачивают кокс и имеют большую вязкость. При пиролизе в нефтяных пеках происходит образование большого количества жидких и химически активных соединений. Как следствие, реакция полимеризации, зарождение новой фазы и развитие мезофазы происходит при более низкой температуре, чем в каменноугольном пеке, а следовательно требует меньших энергозатрат. Также содержание бензапирена в нефтяном пеке до 0,15 %, т.е. в 10÷20 раз меньше, чем в каменноугольном, следовательно выбросов ПАУ будет значительно меньше. Использование данного пека также способствует

продлению жизненного цикла электролизера. Рассмотрим структуру затрат с внедрением данных мероприятий.[17]

В сложившейся неблагоприятной ситуацией на мировом рынке, предприятию необходимо искать возможные пути снижения затрат на производство продукции в краткосрочном периоде. Одним из возможных вариантов их снижения считаем возможным повышение эффективности электролизного производства на основе увеличения жизненного цикла электролизера. Произведем расчет эффективности внедрения данного мероприятия.

### **3.3 Экономическое обоснование повышения эффективности электролизного производства на основе увеличения жизненного цикла электролизера**

В ходе проведенного анализа предприятия АО «РУСАЛ Красноярск», нами были выявлены возможные пути снижения затрат на производство алюминия, путем увеличения жизненного цикла электролизера. Нами были выявлены следующие пути увеличения срока службы электролизера:

- Снижение отклонений при сдаче электролизера в капитальный ремонт с 6% до 5.8%;

- снижение отклонений при сборке электролизера в корпусе электролиза с 9% до 8,3%;

- осуществление контролируемой забивки мест разрушений подины отливками изготовленными из смеси электрокорунда и хрономагнетитового кирпича;

- применение холоднабивной подовой массы производства ЗАО «ЭПМ-НовЭЗ», изготовленной на пеке «РУТГЕРС» в объеме капитального ремонта электролизеров.

Увеличение жизненного цикла электролизера произойдет в основном за счет использования контролируемой забивки без отключения электролизера в

капитальный ремонт, а также использования холодноабивной подовой массы на пеке «РУТГЕРС», которая более стойка к разрушению чем каменугольное пеко. Снижение отклонение при сдаче электролизера в капитальный ремонт и при сборке также играет немало важную роль. Данное мероприятие происходит следующим образом: для оценки качества выполненных работ в электролизный цех приходит специальная комиссия по выявлению отклонений при сборке электролизера. Если специалисты выявляют значительные отклонения, то электролизер не вводится в эксплуатацию, а остается в стадии капитального ремонта до устранения всех отклонений. Так, например, на заводе существуют критерии по установке катодного устройства, если монтажным краном катод не будет установлен с первого «поднятия», катод снова отправляют в цех ремонта, так как катодное устройство может быть деформировано и в дальнейшем повлиять на срок службы электролизера. Снижений данных отклонений приведет также к увеличению жизненного цикла электролизера.

На рисунке 21 изображен жизненный цикл электролизера, включающий в себя стадию ремонта без отключения в капитальный ремонт, а также измененный срок службы после использования данных мероприятий.

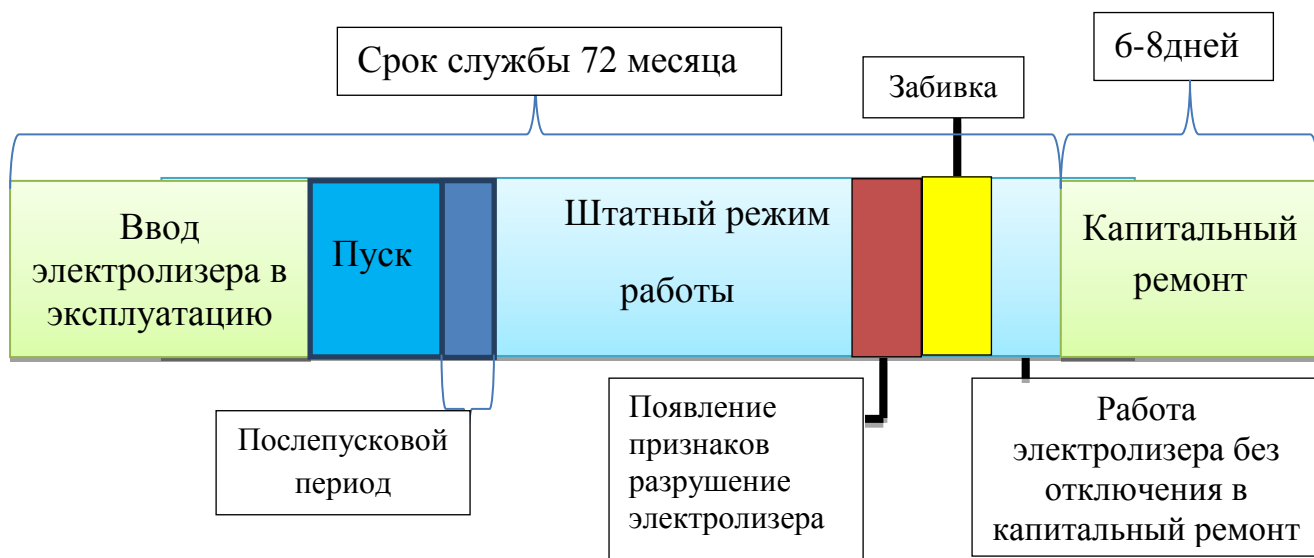


Рисунок 21- Жизненный цикл электролизера после использования мероприятий

В таблице 6 представлены исходные данные для расчета экономии после увеличения жизненного цикла электролизера.



Таблица 6 - Исходные данные для расчета экономии после увеличение жизненного цикла электролизера

Показатели	Базовый вариант	Вариант с продлением жизненного цикла электролизера
Количество электролизеров, ед.	2233	2233
Срок службы, мес	60	72
Количество электролизеров ремонтируемых ежемесячно, ед	37	31
Количество корпусов электролиза ,шт	25	25

С введением предложенных вариантов изменятся материальные затраты на капитальный ремонт, так как будут использоваться дополнительные сырье и материалы. В таблице 7 представлено изменение стоимость капитального ремонта с использование дополнительных материалов.

Таблица 7 - Изменение стоимости капитального ремонта

тыс.руб.

Показатели	Базовый вариант	Вариант с увеличением жизненного цикла электролизера
Стоимость капитального ремонта	4103	4550
В т.ч изменение стоимости материальных затрат		
Подовая секция	1214	-

Продолжение таблицы 7

Холодонабивная подовая масса(РУТГЕРС)	-	1509
Забивка	-	152

Произведем расчет стоимость капитального ремонта в базовом периоде и в варианте с продлением жизненного цикла электролизера. Для расчета нами будут использованы следующие формулы:

$$\text{Эл(мес)} = \sum \text{эл/ЖЦ, ед.} \quad (1),$$

где Эл(мес)-количество электролизеров ремонтируемых ежемесячно;  $\Sigma$  эл-количество электролизеров АО «РУСАЛ Красноярск»; ЖЦ-средний срок службы электролизеров.

$$З(\text{мес}) = \text{Эл.кр}(\text{мес}) * \text{Скр, тыс.руб.} \quad (2),$$

где, З(мес)-ежемесячные затраты на капитальный ремонт электролизеров; Элкр(мес)-количество электролизеров отключенных в капитальный ремонт; Скр-себестоимость капитального ремонта одного электролизера.

$$З(\text{год}) = З(\text{мес}) * 12 \text{мес, млн.руб} \quad (3)$$

где, З(год)- ежегодные затраты на капитальный ремонт электролизеров.

Базовый вариант:

$$\text{Эл}(\text{мес}) = 2233 / 60 = 37, \text{ ед};$$

$$З(\text{мес}) = 37 * 4103 = 152699 \text{ тыс.рублей};$$

$$З(\text{год}) = 152699 * 12 = 1832 \text{ млн.рублей};$$

Вариант с увеличением жизненного цикла электролизеров:

$$\text{Эл}(\text{мес})_1 = 2233 / 72 = 31 \text{ ед.};$$

$$З(\text{мес})_1 = 31 * 4550 = 141050 \text{ тыс.рублей};$$

$$З(\text{год})_1 = 141050 * 12 = 1692 \text{ млн.рублей}.$$

Результаты расчетов представлены в таблице 8.

Таблица 8-Изменение затрат на капитальный ремонт с увеличением жизненного цикла электролизера

Показатели	Базовый вариант,	Вариант с увеличением жизненного цикла электролизера	Отклонение (+,-)
Стоимость капитального ремонта одного электролизера, тыс.руб	4103	4550	-447
Количество ремонтируемых электролизеров в месяц, ед	37	31	6
Ежемесячные затраты на капитальный ремонт электролизеров, тыс.руб	152 699	141 050	11692
Ежегодные затраты на	1832	1692	140

капитальный ремонт электролизеров, млн.руб.			
---	--	--	--

Экономия от внедрения мероприятий по повышению эффективности электролизного производства за счет увеличения жизненного цикла электролизера составит 140 млн.рублей в год.

В ходе расчетов видно, что изменилась стоимость капитального ремонта, она выросла на 447 000 рублей за счет изменения статьи материальные затраты. Благодаря предложенному мероприятию с увеличением жизненного цикла электролизера удастся добиться экономии в размере 140 млн.рублей. Рассмотрим как изменятся затраты на производство алюминия сырца.

Таблица 9 –Изменение калькуляции себестоимости на производство алюминия-сырца

Показатели	Базовый вариант	Вариант с увеличением жизненного цикла электролизера	Отклонение (+,-)
Себестоимость алюминия- сырца на выпуск, тыс.руб.	33 616 660	33 476 659	140 001
Себестоимость алюминия-сырца на единицу,руб.	33 690	33 550	140

Рассмотрим как изменится производительность одного электролизера с увеличением жизненного цикла. Для этого используем следующие данные, представленные в таблице 10.

Таблица 10 – Исходные данные для расчета производительности электролизера

Показатели	Базовый вариант	Вариант с увеличением жизненного цикла электролизера
Количество капитальных ремонтов в месяц	37	31
Количество капитальных ремонтов в год	444	372
Количество электролизеров завода, ед.	2233	2233
Длительность одного капитального ремонта, дней	7	7
Производительность одного электролизера в сутки, тонн	1,4	1,4

Расчет количества дней ремонта в год произведем по формуле:

$$\text{Трем}=(\text{Крем}/\text{год}*\text{трем})/\sum \text{эл} \quad (4)$$

где, Крем/год-количество капитальных ремонтов в год, трем-длительность одного капитального ремонта,  $\sum$  эл-количество электролизеров завода.

Базовый вариант:

$$\text{Трем}=(444*7)/2233=1,41$$

Вариант с увеличением жизненного цикла электролизера

$$\text{Трем}=(372*7)/2233=1,16$$

Произведем расчет объема производства алюминия-сырца в год по формуле:

$$V=A*P*(\text{Ткал}-\text{Трем}) \text{ т/год} \quad (5)$$

где, А-количество электролизеров завода; Р-производительность одного электролизера в сутки; Ткал-календарное время работы.

Базовый вариант:

$$V=2233*1,4*(365-1,41)=1\ 136\ 655 \text{ т/год}$$

$$V=2233*1,4*(365-1,16)=1\ 137\ 436 \text{ т/год}$$

В сложившейся ситуации предприятию необходимо будет снижать затраты на производство продукции. В краткосрочном периоде этого возможно добиться за счет снижения цеховых расходов, которые включают в себя затраты на капитальный ремонт. Повышение эффективности электролизного производства на основе увеличения жизненного цикла электролизера является хорошим вариантом снижения затрат в краткосрочном периоде.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выпускной квалификационной работы нами были рассмотрены основные этапы процесса проведения капитального ремонта электролизеров, рассмотрен анализ затрат на производство продукции в электролизном цехе, выявлены и проанализированы направления совершенствования процесса ремонта электролизеров, рассчитана экономия от внедрения вариант с увеличением жизненного цикла электролизера.

В первой главе был проведен анализ рынка алюминия и выявлено, что в сложившейся неблагоприятной обстановке в связи с вводом санкций предприятию придется снижать выпуск продукции.

Во второй главе была рассмотрена подробная характеристика предприятия, изучено понятие жизненного цикла электролизеров, а так представлены основные этапы капитального ремонта электролизеров.

В третьей главе был проведен анализ затрат на производство алюминия и выявлено, что в краткосрочном периоде снижения затрат возможно добиться за счет снижения цеховых расходов, которые в свою очередь включают в себя затраты на капитальный ремонт. Предложены направления совершенствования процесса ремонта алюминиевых электролизеров. В ходе работы были выявлены такие направления как :увеличение сроков службы электролизеров путем использование новых материалов, а также ремонт электролизера без отключения путем забивки.

В ходе экономической оценки данного направления было выявлено, что от увеличения жизненного цикла электролизером снизятся ежегодные затраты на капитальный ремонт в общей сумме на 140 млн.руб. год. Считаем возможным сокращение затрат в краткосрочном периоде именно используя данное направление. Предприятие совершенствует уже имеющиеся технологии и этим способствует сокращению затрат на производство продукции. Увеличение жизненного цикла электролизера не требует значительных капитальных вложений, а экономия от использования дает положительный

эффект. Каждое предприятие должно ставить цель по усовершенствованию имеющихся технологий и благодаря этому сокращать затраты на производство алюминия.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Официальный сайт компании ОК «РУСАЛ». – Режим доступа: <http://www.rusal.ru/>
- 2 Официальный сайт компании ООО «РУС – Инжиниринг».- Режим доступа: <http://rusal-engineering.ru/contact/>
- 3 Мандричко, Т.М. Анализ финансового состояния предприятия: Учеб. пособие/ ГАЦМиЗ. – Красноярск, 2013.
- 4 Техническая и экономическая документация ООО “РУС Инжиниринг”
- 5 Орлова, В. С. Поиск резервов снижения затрат на материальные ресурсы // Молодой ученый. — 2014. — №4.2. — С. 141-143.
- 6 Официальный сайт АО «РУСАЛ Красноярск». – Режим доступа: <http://www.rusal.ru/>
- 7 Троицкий, И.А. Металлургия алюминия / И.А. Троицкий, В.А. Железнов. — М.: Металлургия, 2011. - 398 с.
- 8 Минцис ,М.Я. Электрометаллургия алюминия. / М.Я. Минцис, П.В. Поляков, Г.А. Сиразутдинов. – Новосибирск: Наука, 2011. – 368 с.
- 9 Галевский, Г.В. Металлургия алюминия. Электролизеры с анодом Содерберга и их модернизация / Г.В. Галевский, М.Я. Минцис, Г.А. Сиразутдинов. — М.: Наука, 2012. – 239 с
- 10 Галевский, Г.В. Металлургия алюминия. Технология, электроснабжение, автоматизация: учебное пособие для вузов / Г.В. Галевский, Н.М. Кулагин, М.Я. Минцис, Г.А. Сиразутдинов. – М.: Наука, 2011. – 529 с
- 11 Янко, Э.А. Производство алюминия. Пособие для мастеров и рабочих цехов электролиза алюминиевых заводов. – СПб.: Санкт-Петербургский Университет, 2011. – 376 с.
- 12 Бегунов, А.И. Проблемы модернизации алюминиевых электролизеров. - Иркутск: ИрГТУ, 2011. - 105
- 13 Бажин, В.Ю., Патрин Р.К. Современные способы переработки отработанной огнеупорной футеровки алюминиевого электролизера // Новые огнеупоры. - 2011. - №2. - С. 39-42.

- 14 Головных, Н.В. Упрочнение технологических материалов и рециклинг отходов футеровки электролизеров алюминиевого производства // Экология промышленного производства. - 2012. - С. 47-52.
- 15 Пат. 2458185 РФ. Катодное устройство алюминиевого электролизера / В.М. Сизяков, В.Ю. Бажин, В.Н. Бричкин, Р.К. Патрин, А.А. Власов. Оpubл. 10.08.2012.
- 16 Пат. 2449060 РФ. Подина электролизера для получения алюминия / В.М. Сизяков, В.Ю. Бажин, В.Н. Бричкин, А.А. Власов, Р.К. Патрин. Оpubл. 27.04.2012
- 17 Скурихин, В.В. Материалы для футеровки катодных кожухов алюминиевых электролизеров / В.В. Скурихин, С.И. Гершкович, О.С. Федорова // Цветные металлы Сибири.: сб. докл. - 2013. – С. 708 – 719.
- 18 Прошкин, А.В. Анализ состояния и динамики износа бортовой футеровки в катодах алюминиевых электролизеров / А.В. Прошкин, В.В. Пингин, П.В. Поляков, А.М. Погодаев, Л.А. Исаева // Журнал Сибирского Федерального университета. - 2013. - С. 276- 284
- 19 Любушкин, В.А. Срок службы электролизеров и объем капитального ремонта на алюминиевых заводах РУСАЛа // Цветные металлы. - 2012.-№08. - С. 47- 52.
- 20 Савинов, В.Н. К вопросу о факторах влияния на срок службы электролизеров алюминия // Международная научно-практическая конференция Алюминий Сибири: сб.научн.статей. – 2013. – С. 55-70
- 21 Ойя, Х., Сорлье, М. Катоды в алюминиевом электролизе / Перевод с англ. П.В. Полякова. – Красноярск: Изд. КГУ, 1997. – 460 с. 58. Борисов В.И. Катоды: причины преждевременного выхода ванн из строя // Высшие российские алюминиевые курсы X: материалы научно-технической конференции. – 2014
- 22 Галевский, Г.В. Экология и утилизация отходов в производстве алюминия. Учебное пособие для вузов / Г.В. Галевский, Н.М. Кулагин, М.Я. Минцис. – М.: Наука, изд. 2-е, 2014. - 261 с



23 Наумчик, А.Н., Александровский С.В. Применение новых огнеупорных материалов в алюминиевых электролизерах. - Ленинград.: ЛГИ им. Плеханова, 2013. - 45 с

24 Отраслевые новости России [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.ruscable.ru/news/2016/01/15/SAZ\\_budet\\_remontirovaty\\_elektrolizery\\_s\\_ugolykom/](http://www.ruscable.ru/news/2016/01/15/SAZ_budet_remontirovaty_elektrolizery_s_ugolykom/)

25 Производственное объединение Стройтехника, оборудование для строителей[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.str-t.ru/>

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт управления бизнес процессами и экономики  
Кафедра «Экономика и международный бизнес горно-металлургического  
комплекса»

УТВЕРЖДАЮ  
И.о. заведующего кафедрой  
*Бурменко* Р.Р. Бурменко  
подпись  
«19» июня 2018 г.

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

38.03.01 «Экономика»

38.03.01.08.09 «Экономика предприятий и организаций (металлургия)

Повышение эффективности электролизного производства на основе увеличени  
жизненного цикла электролизера(на примере АО «РУСАЛ Красноярск»)

Руководитель	<i>Т.И. Юркова</i> 18.06.18 подпись, дата	доцент	Т.И. Юркова
Выпускник	<i>И.С. Бабанина</i> 18.06.18 подпись, дата		И.С. Бабанина
Нормоконтролер	<i>Т.В. Безинская</i> 18.06.2018 подпись, дата		Т.В. Безинская

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт управления бизнес процессами и экономики  
Кафедра «Экономика и международный бизнес горно-металлургического  
комплекса»

УТВЕРЖДАЮ  
И.О. заведующего кафедрой  
*Бурмешко И.А. Бурмешко*  
подпись инициалы, фамилия  
« 5 » 03 2018 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
в форме бакалаврской работы

Студенту Бабаниной Ирине Сергеевне

Группа ПЭ 14-01, направление подготовки 38.03.01 "Экономика",  
профиль 38.03.01.08.09 "Экономика предприятий и организаций  
(металлургия)"

Тема выпускной квалификационной работы "Повышение  
эффективности электролизного производства на основе увеличения  
жизненного цикла электролизера(на примера АО «РУСАЛ Красноярск»)"

Утверждена приказом по университету № 3145/с от 02.03.2018

Руководитель ВКР доцент кафедры «Экономика и международный  
бизнес горно-металлургического комплекса» Т. И. Юркова

Исходные данные для ВКР: практический материал, собранный в  
процессе прохождения производственно-профессиональной и  
преддипломной практики: статистические данные, предоставленные АО  
«РУСАЛ Красноярск»; технико-экономические показатели предприятия;  
аналитические исследования, справочная и учебная литература.

Перечень разделов ВКР:

1 Анализ рынка алюминия

2 Общая характеристика АО «РУСАЛ Красноярск»

3 Экономическое обоснование увеличения жизненного цикла  
электролизера

Перечень графического или иллюстративного материала - презентация,  
разработанная в Microsoft Office Power Point 13 слайдов.

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_ Т.И.Юркова  
(подпись)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ И.С.Бабанина  
(подпись)

« 2 » 03 2018 г.