

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

(наименование)

18.04.01 «Химическая технология»

(код и наименование направления подготовки)

Рациональное использование природных и сырьевых ресурсов в химической технологии и
нефтехимии

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Разработка технологии очистки металлической стружки от масляных
загрязнений в ремонтных производствах

Студент

А.Д. Татаринова
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, В.С. Гончаров
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	5
1 Характеристика сталеплавильных предприятий. Проблема накопления и транспортировки загрязненной стружки	10
1.1 Характеристика сталеплавильных предприятий	10
1.2 Проблема накопления и транспортировки загрязненной стружки. Анализ нормативной документации.....	12
2 Основные методы и технологии утилизации отходов металлообрабатывающего производства на примере ПАО «КуйбышевАзот»	16
2.1 Основные методы и технологии утилизации отходов металлообрабатывающего производства	16
2.2 Анализ видов, свойств и способа переработки отходов, образующихся в металлообрабатывающих цехах ПАО «КуйбышевАзот»	18
3 Исследование котельного топлива и его основные эксплуатационные характеристики	23
3.1 Разновидности котельного топлива	23
3.2 Основные эксплуатационные характеристики котельного топлива.....	24
3.2.1 Вязкость.....	24
3.2.2 Содержание серы.....	24
3.2.3 Температура застывания.....	25
3.2.4 Температура вспышки.....	26
3.2.5 Коксуемость.....	26
3.2.6 Теплота сгорания.....	27
3.2.7 Плотность.....	27
3.2.8 Вредные примеси. Зольность.....	28

3.2.9 Механические примеси.....	28
3.2.10 Содержание воды.....	29
4 Выбор технологии и материалов очистки стружки от масляных загрязнений. Выбор технологии приготовления котельного топлива...	31
4.1 Выбор технологии очистки стружки от масляных загрязнений....	31
4.1.1 Способ очистки от масла замасленной стальной стружки и окалины шламов прокатного производства.....	31
4.1.2 Способ очистки сыпучего материала от масел.....	32
4.1.3 Аппарат для очистки стружки от масел.....	33
4.2 Выбор растворителя для достижения эффективного удаления масла и СОЖ с поверхности металлических изделий (стружки)...	35
4.3 Выбор технологии приготовления котельного топлива.....	37
4.3.1 Топливная композиция и способ ее получения.....	37
4.3.2 Способ получения бензино-водно-спиртовой эмульсии.....	37
4.3.3 Способ приготовления дисперсной водотопливной смеси и котельная установка с системами приготовления и сжигания указанной смеси.....	39
5 Выбор рецептуры приготовления котельного топлива. Технология очистки металлической стружки с последующим получением котельного топлива.....	41
5.1 Выбор состава смесей.....	41
5.2 Технология очистки металлической стружки от масляных загрязнений.....	42
5.3 Технология получения котельного топлива.....	44
6 Исследование почвы и эксплуатационных свойств предлагаемого котельного топлива.....	47
6.1 Исследование почвы на территории хранения стружки.....	47
6.2 Определение эксплуатационных характеристик смесей.....	51
6.2.1 Плотность.....	51

6.2.2 Расслаивание.....	53
6.2.3 Температура застывания.....	53
6.2.4 Температура вспышки в закрытом тигле (ГОСТ 6356-75)....	54
6.2.5 Коксуемость по методу Конрадсона (ГОСТ 19932-99).....	55
6.2.6 Механические примеси.....	57
7 Экономическая эффективность предлагаемого решения. Расчет материального баланса.....	60
7.1 Экономическая эффективность предлагаемого решения.....	60
7.2 Расчет материального баланса.....	63
Заключение.....	74
Список используемых источников.....	76

Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования обусловлена:

- необходимостью понижения экологических рисков при транспортировке загрязнённой стружки на сторонние предприятия;
- вторичное сырьё, такое как стружка и отработанная смазочно-охлаждающая жидкость, не возвращаются в производство;
- минимизация потерь производственных ресурсов, используемых в технологических процессах механической обработки.

В виду стремительного роста металлургической промышленности, растёт и потребность в материалах, а именно в металле. Темпы добычи металлов не успевают за ростом потребностей. Большую роль в экономике страны на данный момент имеет переработка отработанного металла, так как металлы, как полезное ископаемое, имеют огромное значение. Данный вид отходов успешно обрабатывается и переплавляется для производства различных материалов. На просторах нашей страны образуется огромное количество неиспользуемых металлических отходов, поэтому инвестирование в переработку металлов становится все более актуальной.

В производстве образуется большое количество ценного вторичного сырья. Внедрение его в технологический цикл предприятия увеличит ресурсосбережение и рентабельность производства, что особенно актуально в настоящее время введу истощения природных ресурсов [1].

Отходы механической обработки металлов являются наиболее ценным отходом в производстве, в частности, стальная стружка. Но формирующаяся на производстве стальная стружка загрязнена смазочно-охлаждающими жидкостями (СОЖ). Это препятствует использованию ее в литейном производстве. Уже существующие методы очистки стружки экологически несовершенны и имеют низкую эффективность.

Также на производстве образуется большое содержание уже отработанной СОЖ, непригодной для использования. Она скапливается в отдельных резервуарах и транспортируется на перерабатывающие предприятия. Для снижения количества отходов, транспортируемых на сторонние предприятия, с целью повышения экологической выгоды, необходимо принять меры по их снижению.

В связи с увеличением доли тяжёлых сернистых и высокосернистых нефтей в общем объёме добываемых и перерабатываемых, а также направлением на дальнейшее расширение ресурсов котельных топлив, была изучена возможность рационального использования вторичного сырья производства и предлагаемой технологии, такого как растворитель и отработанная смазочно-охлаждающая жидкость.

Объект исследования: процесс снижения экологической нагрузки на окружающую среду при хранении, транспортировке загрязненной металлической стружки.

Предмет исследования: методы очистки металлической стружки с реализацией вторичного сырья.

Цель исследования: повышение качества производимых деталей из вторичного сырья и экологической безопасности при хранении и транспортировке отработанных отходов металлообрабатывающих производств.

Гипотеза исследования состоит в том, что очистка металлической стружки способна повысить качество выпускаемой продукции из вторичного сырья и снизить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

- оценить вклад хранения и транспортировки металлической стружки на загрязнение окружающей среды;
- разработать меры по обеспечению экологической безопасности хранения и транспортировки металлической стружки;

- создание композиции котельного топлива на основе отходов предлагаемой технологии и отработанной смазочно-охлаждающей жидкости;
- провести расчет и оценить экономическую эффективность предлагаемой технологии.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: научные труды отечественных и зарубежных ученых в области очистки металлической стружки от масляных загрязнений и получению котельного топлива, существующие методы очистки и переработки вторичного сырья металлообрабатывающих цехов ПАО «КуйбышевАзот», методы расчета материальных балансов химической технологии.

Базовыми для настоящего исследования явились также: работы Фарнасова Г.А., Воробьева В.В., Афанасьева С.В., Булыжева Е.М. в области исследования способов очистки металлической стружки от масляных загрязнений.

Методы исследования: анализ литературных источников, количественный химический анализ, технико-экономические расчеты.

Опытно-экспериментальная база исследования: исследование проводилось на базе Тольяттинского государственного университета, санитарной лаборатории ПАО «КуйбышевАзот».

Научная новизна исследования заключается в:

- впервые предложена технология очистки металлической стружки от масляных загрязнений;
- впервые предложена технология получения котельного топлива из отходов производства.

Теоретическая значимость исследования заключается в: поиске и анализе патентной и научной литературы по существующим способам очистки металлической стружки от масляных загрязнений и существующим способам получения котельного топлива.

Практическая значимость исследования заключается в разработке технологического решения очистки металлической стружки от масляных загрязнений; в разработке технологического решения получения котельного топлива с использованием отходов металлообрабатывающего производства. При этом были разработаны технологические стадии очистки металлической стружки; выбран растворитель, применяемый в технологии; спроектирована технологическая схема получения котельного топлива; проведены расчеты экономической выгоды предлагаемой технологии очистки стружки и материального баланса. Технико-экономическое обоснование предложенного решения показало, что предлагаемая технология выполнима и способна увеличить прибыль предприятия.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались: точным соблюдением используемых источников, использованием современных методов расчета.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в поиске и анализе научной и патентной литературы, выборе и обосновании способа очистки металлической стружки от масляных загрязнений; выборе и обосновании способа получения котельного топлива; расчете материального баланса сгорания предлагаемого топлива; выборе оборудования для технологии очистки металлической стружки; химический анализ почвы и предлагаемого котельного топлива; экономическое обоснование предлагаемого способа очистки металлической стружки от масляных загрязнений.

Апробация и внедрения результатов работы велись в течении всего исследования. Его результаты докладывались на следующих конференциях: опубликована научная статья в научной онлайн журнале «Химическая техника», тема статьи «Технологические аспекты очистки металлической стружки от СОЖ», дата публикации 19.08.2019 г. Принята к публикации статья в научный журнал «Globus», тема статьи «Разработка технологии очистки металлической стружки от масляных загрязнений в ремонтных производствах».

На защиту выносятся:

- предлагаемая технология очистки металлической стружки от масляных загрязнений;
- предлагаемый способ получения котельного топлива с использованием отходов производства;
- эксплуатационные свойства полученного котельного топлива;
- экономические показатели предложенного способа очистки стружки от масляных загрязнений.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 7 глав, заключения, содержит 9 рисунков, 22 таблицы, список использованной литературы (90 источников). Основной текст работы изложен на 84 страницах.

1 Характеристика сталеплавильных предприятий. Проблема накопления и транспортировки загрязненной стружки

1.1 Характеристика сталеплавильных предприятий

В настоящее время металлургическая промышленность представляет собой динамически развивающуюся структуру. В России данная промышленность имеет особые тенденции развития, сравнивая ее с другими странами-производителями.

Металлургия по различным оценкам составляет 5 % ВВП нашей страны. Так же немалая часть продукции отправляется за рубеж. Данные по экспорту металлургической продукции из России приведены на рисунке 1.

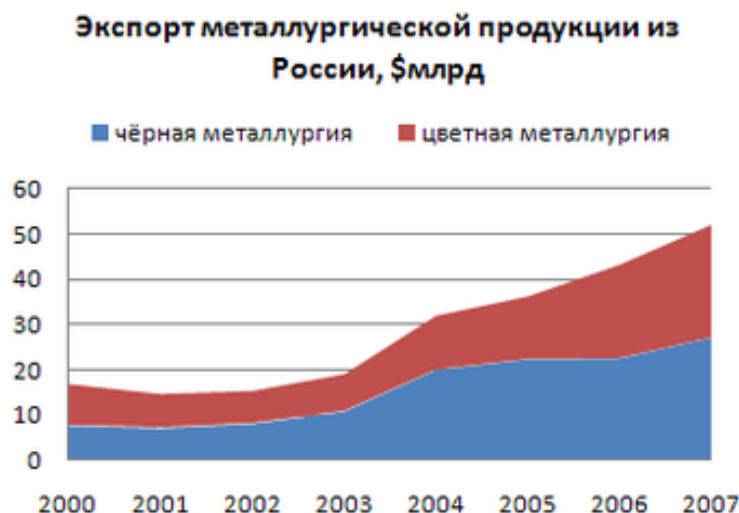


Рисунок 1 – Экспорт металлургической продукции из России

Сегодня в России около 90 % всей продукции черной металлургии производят 9 компаний магнатов («ЕвразХолдинг», «Новолипецкий металлургический комбинат», «Северсталь», «Мечел», и другие), цветной - 8 предприятий [39, 53].

Несмотря на все положительные моменты данной промышленности, так же присутствуют негативные моменты. Главным из них является дефицит ресурсов для производства, вследствие их ограниченности.

Россия находится на четвертом месте в мире по производству стали (выплавляется около 68 миллионов тонн в год), третье по экспорту (около 27 миллион тонн в год), а также находится в десятке стран по обеспечению импорта стальных товаров (более 5 миллионов тонн в год). Данные по производству стали в России приведены на рисунке 2.



Рисунок 2 – График производства стали в России

На данный момент, металлургическое производство в России является одним из самых прибыльных, имея низкую себестоимость и продажу продукции по ценам, установленным мировой экономикой.

Коэффициент чистой прибыли в России от продажи металлической продукции составляет 0,15-0,3, при этом показатели других стран варьируются в пределах 0,02-0,07.

В последнее время цены на металлопродукцию на мировом рынке возрастают, это увеличивает долю экспорта российской продукции и

особенно полуфабрикатов. За первый квартал 2013 года произошел рост экспортных поставок заготовок до 10 %, чугуна – 8,7 %, полукокса и кокса – на 7,4 %, но продукция повышенной технологической готовности снизила свою долю на рынке на 5,5 % по отношению к тому же периоду в 2012 году [53].

1.2 Проблема накопления и транспортировки загрязненной стружки. Анализ нормативной документации

Экологическая проблема очистки и выплавки металла заключается в скоплении токсичных отходов металлообрабатывающего и металлургического производства. На производстве выделяются площадки для складирования таких отходов, которую в свою очередь отравляют почву, воду и воздух.

Не многие предприятия уже начали борьбу с такими отходами, налаживая производство, но все они далеки от совершенства. Динамика образования и использования металлических отходов представлена на рисунке 3 [7, 12, 20].

Переработка вторичного сырья, такого как металлическая стружка, позволит сохранить рудные запасы, а также снизить объем токсичных свалок. По данным исследований, переработка металлической стружки намного меньше загрязняет окружающую среду, чем выплавка из руды [21].

В процессе обработки деталей в ремонтном производстве образуется огромное количество стружки. Ее количество может достигать до 10 % от общего веса детали. В отвалах России на данный момент накоплено, по оценкам специалистов, около 8 миллионов тонн, сильно окисленных металлоотходов. При этом, доля перерабатываемой стружки черных металлов не превышает 60 % [21, 26, 33].

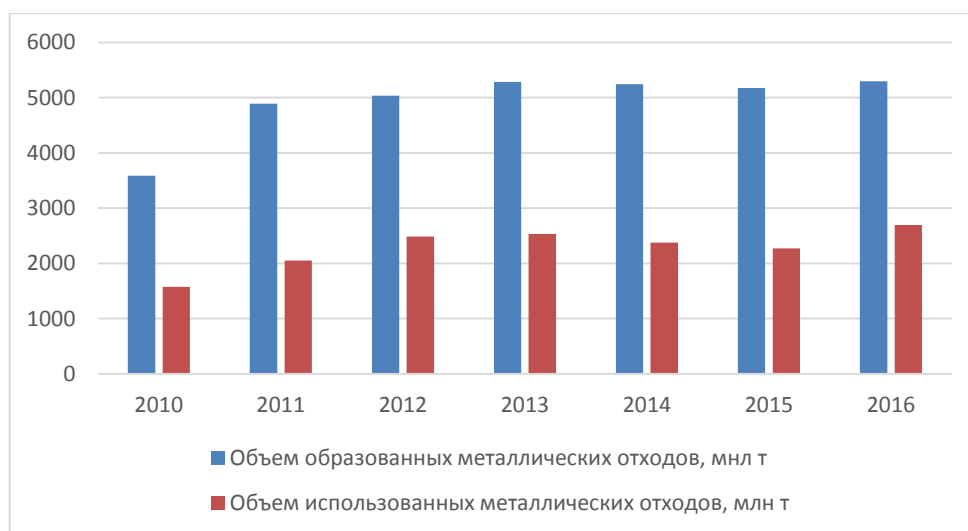


Рисунок 3 – Динамика образования и использования металлических отходов в Российской Федерации

С каждым годом возрастает накопление металлоотходов, в том числе металлической стружки. Энергоресурсы дорожают и ужесточаются природоохранные требования, что приводит к необходимости в поиске экономичных и эффективных способов по переработке металлоотходов [37].

Сбор, транспортировка и хранение стружки осложняется тем, что отходы занимают большое количество места. Контейнеры для хранения в помещении быстро наполняются, поэтому предприятие вынуждено создавать площадки для хранения стружки. Стоит также отметить, что хранение стружки на открытых площадках способствует ускоренной коррозии. Образование большого количества продуктов коррозии уменьшает содержание самого металла [37, 54, 56, 81].

Организации по приему металлолома оценивают состав, размер и содержание неметаллических включений (коррозия, грязь), устанавливая свою тарифную сетку расходов на транспортировку. Следовательно, ввиду малой плотности стружки, предприятию требуется в большем количестве транспортных средств для перевозки.

Наиболее остро стоит проблема низкого качества изготавливаемого сырья из загрязненной и не спрессованной стружки. Малая плотность

стружки приводит к большому количеству угара, окисление легирующих элементов стружки. В свою очередь загрязнения на стружке так же окисляются, снижая качество получаемой стали. Показатели качества вторичных металлов по их составу, степени чистоты, габаритам и массе представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели качества вторичных металлов по их составу, степени чистоты, габаритам и массе

Состав	Степень чистоты	Габариты и масса
Вьюнообразная стальная стружка. Не допускаются кусковые отходы и лом	Стальная стружка не должна быть смешана с чугуновой стружкой и стружкой металлов. Углеродистая стружка не должна быть смешана с легированной. Легированная стружка должна быть только одной группы или марки. Стружка не должна быть горелой и проржавленной (налет ржавчины допускается). Суммарное содержание безвредных примесей и масла не должно превышать 3% по массе	Не регламентируются
Мелкая стальная стружка, а также высежка. Не допускаются кусковые отходы и лом	Углеродистая стальная стружка не должна быть смешана с чугуновой стружкой и стружкой из цветных и легированных металлов. Стружка не должна быть горелой и проржавленной (налет ржавчины допускается). Содержание неметаллических примесей (в том числе масла) не должно превышать 3 % по массе	Длина витка стружки и высечки должна быть не более 50 мм. Допускаются витки длиной до 100 мм в количестве не более 3 % по массе. Масса высечки должна быть не более 0,025 кг

Требования по содержанию примесей в соответствии с ГОСТ 2787-75 трудновыполнимы для организаций-поставщиков, сдающих металлоотходы без их предварительной подготовки. В среднем количество масла на стружке при сходе ее со станков составляет примерно 10 % от массы стружки. При транспортировке и хранении количество масла снижается до 5-7 % [17].

При транспортировке загрязненной стружки теряется значительное количество масла, загрязняя дороги, вагоны, складские платформы и грунтовые воды. Автоперевозки в контейнерах – самый дорогой способ транспортировки. Объемная масса стружки в 3-4 раза меньше плотности кускового лома. Для сбора и транспортировки стружки требуется специальная тара больших размеров, занимающая большое место в цехе. Все это приводит к повышению затрат на хранение и транспортировку. Большое содержание серы в выплавляемом сырье обуславливается наличием масла в стружке. При горении масла в печи образуются тугоплавкие зольные остатки, увеличивая содержание неметаллических включений. При разложении влаги и углеводородов металл насыщается водородом, увеличивается количество флокенов, волосовин и микротрещин при последующей обработке металла. Выбросы испаряющихся масел продуктов деструкции органики, которые образуются при нагреве стружки перед брикетированием, загрязняют окружающую среду [63, 64].

Выводы по 1 разделу

Как видим, металлургическая промышленность России на современном этапе изменяется и переориентируется, что благоприятно влияет на развитие экономики страны в целом.

Проблема накопления и транспортировки стружки имеет высокое значение и требует решения. Одним из лучших способов возврата сырья на производство является сбор с последующей переработкой металлической стружки. При этом наличие масляных загрязнений на стружке увеличивает содержание неметаллических включений, снижая качество изделия. Также испарение и горение масел загрязняет окружающую среду. Для исключения данных проблем на производстве необходимо применять системы сбора и хранения отходов, подготовку стружки к дальнейшей переработке и транспортировке.

2 Основные методы и технологии утилизации отходов металлообрабатывающего производства на примере ПАО «КуйбышевАзот»

2.1 Основные методы и технологии утилизации отходов металлообрабатывающего производства

На металлоперерабатывающих заводах весь лом проходит предварительную подготовку, которая состоит из нескольких стадий. Для начала весь поступивший металлолом необходимо отсортировать. Далее сырье отправляется на измельчение, это необходимо для уменьшения объемов и размеров сырья. Следующим этапом измельченные кусочки отправляются на очистку, повторную более тщательную сортировку (разделяют виды сырья по содержанию в нем углеродных веществ) и прессование или литье [3, 8, 22].

Способ переработки вторичного сырья подбирается от его вида и осуществляется такими технологиями, как:

- термическое измельчение,
- взрывное и копровое дробление,
- пакетирование,
- механическая резка,
- дробление стружки.

При термическом измельчении, в целях экономии места и ресурсов металлическую стружку предварительно измельчают. Термическое измельчение – это разделение длинных или листовых элементов на части путем местного расплавления. В данном методе применяется кислородная или плазменная резка, шпурение кислородным копьем и другие методы [5, 30, 31, 58].

Метод взрывного и копрового дробления применяется для кусков металла больших размеров, например, для куска 1,5-2 тонн. Для таких кусок

невозможно применить технологии термической или механической резки. Применение взрывного дробления заключается в дроблении металла взрывной волной. В бронированную яму закладывается кусок металлолома, в нужное место разрыва закладывается взрывчатка.

Далее металл после взрыва подвергается дроблению копровым способом. Лом размещают на площадку с крепким фундаментом и стенками, далее на куски сбрасывают копровую бабу массой до 15 тонн. Управление бабой осуществляется за счет кранов. Измельчённый металл собирается магнитом.

Пакетирование металлолома заключается в прессовании металла в станках, сжимающих сырьё в трех измерениях. При этом металл разных форм и размеров приобретает вид однородных и аккуратных брусков. Такие бруски компактны, а также данный способ повысит транспортируемый объем сырья автомобильным или железнодорожным путем.

Механическая резка также применяется для измельчения вторичного сырья. Осуществляется за счет гидравлических пресс-ножниц (портальных) и аллигаторных ножниц. Портальные ножницы применяются для разрезания листов железа толщиной не более двух сантиметров. Аллигаторные ножницы применяются для разрезания труб и арматуры. Также возможно применение болгарок, фрикционных пил и ленточнопильных станков [55, 60].

Для метода переработки стружки, как дробление, применяют роторные, валковые, молотковые мельницы и дробилки (шредеры). На выходе получают металлическую стружку необходимого размера.

Далее весь дробленый металл подвергается сортировке на контейнерах и сортировочных столах. Оценивается химический состав, количество примесей для разделения отходов по маркам. Спектральный и радиационный анализ также учитывается при сортировке [50-52].

Процесс очистки занимает наиболее важную роль в переработке вторичного металла. Чистка осуществляется от таких примесей как пыль, грязь, краска и остатки смазочно-охлаждающих жидкостей.

На данный момент очистка вторичного сырья в пунктах приема осуществляется следующими способами:

- обработка воздушным потоком,
- магнитная сепарация,
- ручной способ очистки,
- центрифугирование.

После очистки металлолом отправляется на переплавку. Осуществляется переплавка в электрических и плазменных печах. К расплавленному металлу добавляют примеси, способствующие повышению антикоррозийных свойств, увеличению прочности. Добавками могут являться кобальт, никель, хром и ванадий. Крупные перерабатывающие заводы осуществляют также прокат металла, повышая свою рентабельность.

2.2 Анализ видов, свойств и способа переработки отходов, образующихся в металлообрабатывающих цехах ПАО «КуйбышевАзот»

В ремонтном цехе № 7 ПАО «КуйбышевАзот» образуется большое количество стружки разных видов. Сбор и временное хранение производится непосредственной в цехе в контейнерах, специализированных под каждый вид стружки. После заполнения контейнеров стружку переводят на специализированную площадку для хранения металлолома на территории предприятия. На переработку стружку отправляют на сторонние предприятия.

Можно отметить, что транспортируемая стружка не подвергается никаким обработкам и промывкам, загрязняя резервуары. Нефтепродукт, накапливаемый со временем в резервуарах, разливается на почву, вследствие выгрузки стружки [29, 85, 90].

Так же в цехе используется несколько видов смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), такие как Rosneft Emultec 3175 и RATAK 6210 R.

Смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) Rosneft Emultec 3175 – это концентрат эмульсола, представляющего собой сбалансированную композицию на основе минерального базового масла, импортного пакета присадок и биоцидных добавок [2, 23, 24, 27].

Применяется в виде водных эмульсий и применяется для обработки резанием черных и цветных металлов. Рабочие концентрации подбираются технологами предприятия-потребителя в зависимости от материалов обрабатываемых деталей, режимов резания, рабочих параметров оборудования, геометрии и свойств металлорежущего инструмента. Содержит улучшенный пакет противоизносных присадок [70-72, 74, 77, 86].

Обрабатываемые материалы:

- литейный чугун,
- углеродистые и высокоуглеродистые стали,
- легированные стали.

Концентрат Rosneft Emultec 3175 перед приготовлением эмульсии необходимо тщательно перемешать. Для приготовления эмульсии применяют механические мешалки с электро- или пневмоприводом. Смешивание необходимо проводить при интенсивном перемешивании, добавляя концентрат в воду. В холодное время года интенсивность перемешивания увеличивают в 1,5-2 раза. Вода для приготовления эмульсии должна быть в пределах от 10 до 30 °С при жесткости от 150 до 450 ppm. Готовая смесь имеет однородный молочно-белый цвет. Гарантийный срок хранения 6 месяцев со дня изготовления. Хранить только в закрытых помещениях при температурах от 0 до 40 °С, беречь от солнечных лучей, не допускать попадания воды в тару [6, 9, 16, 25, 38, 84].

Параметры водосмешиваемой СОЖ Rosneft Emultec 3175 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры водосмешиваемой СОЖ Rosneft Emultec 3175

Параметр	Значение
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм ² /с	32-42
Кислотное число, мг КОН/г	10-20
Нагрузка сваривания на ЧШМ (Рс), Н (кгс)	1470 (150)
рН 3 %-ной эмульсия	8,5-10,0
Стабильность 3 %-й эмульсии в течении 6-ти часов выделяется масло, %	Информация отсутствует

Смазочно-охлаждающая жидкость RATAK является биостабильной масляной жидкостью, образующую с водой стойкую эмульсию. Применяется на металлообрабатывающих производствах для защиты составных частей станков от коррозии и износа [35, 36, 80, 61, 62].

Подходит для обработки всех видов черных и цветных металлов и сплавов, что указывает на ее универсальность. Для приготовления эмульсии допускается применение водопроводной воды. Длительность эксплуатации повышается при применении очистителя системы RENOCLEAN SMC и биоцидом ANTISEPT E12 PLUS [34, 65-69].

Параметры водосмешиваемой СОЖ RATAK 6210 R представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры водосмешиваемой СОЖ RATAK 6210 R

Показатель	Значение	Метод
Плотность при 20 °С, кг/л	0,860-0,920	ГОСТ 3900
Вязкость при 40 °С, мм ² /с	45,0	ГОСТ 33-2016
рН, 5 % эмульсия	8,0-10,5	ГОСТ 6243
Стабильность 5 % эмульсии, 24 ч, %	1,0	ГОСТ 6243
Тест на коррозию 5% эмульсии, чугун марки СЧ 18-36	выдерживает	ГОСТ 6243
Содержание масла, %	80	—

Перед заливкой новой партии эмульсии в сливаемую СОЖ надо добавить RENOCLEAN SMC в концентрации 1-2 % от объема СОЖ и работать в течение 8-12 часов. Во время работы произойдет очистка и

дезинфекция всей системы подачи СОЖ. Затем слить отработанную жидкость и залить RATAK 6210 R. Бицид ANTISEPT E 12 PLUS добавляют в эмульсию в концентрации 0,2-0,3 % от общего объёма для защиты от биопоражения.

Отработанная СОЖ в цехе хранится в отдельном резервуаре, после его заполнения вывозится на территорию предприятия и перерабатывается сторонними предприятиями.

В цехе концентрат разбавляется в нужной пропорции в специальном резервуаре с подачей кислорода. Конструкция резервуара для приготовления смазочно-охлаждающей жидкости представлена на рисунке 4.

Известно о количестве образующейся отработанной СОЖ в цехе № 7, это количество составляет 30 м³ в квартал с одного станка. Общее количество станков на предприятии составляет около 50 единиц. Довольно ощутимое количество вторичного сырья для перевозки. Количество образующихся отходов еще раз доказывает необходимость принятия мер по реализации вторичного сырья.



Рисунок 4 – Резервуар для приготовления смазочно-охлаждающей жидкости

В ходе выявленной информации мы решили поставить себе еще одну задачу, а именно реализовать отработанную СОЖ как сырье для котельного топлива. Для этого следует исследовать основные эксплуатационные свойства котельного топлива.

Выводы по 2 разделу

Все приведенные методы и технологии утилизации металлических отходов способны эффективно избавляться от механических примесей, но недостаточны в очистке сырья от масляных загрязнений. Разработка усовершенствованной технологии по очистке вторичного сырья металлообрабатывающих производств способствует увеличению качества изготавливаемых деталей.

После анализа видов и количества отходов ремонтных производств ПАО «Куйбышев азот» было выявлено, что на предприятии образуется более 70 тысяч тонн металлической стружки в год и около 30 м³ смазочно-охлаждающей жидкости с одного станка в квартал.

Так же стоит заметить, чтокупаемые предприятием смазочно-охлаждаемые жидкости используются только в одном направлении. Стоимость закупки необходимого концентрата для приготовления СОЖ составляет более 440 тысяч рублей в год. Предприятие не только затрачивает средства на закупку сырья, но также на транспортировку уже отработанной части. В свое время это так же повышает вероятность разлива нефтесодержащего вещества на почву.

3 Исследование котельного топлива и его основные эксплуатационные характеристики

3.1 Разновидности котельного топлива

Производство котельного топлива занимает лидирующие места по выработке продукта в мире. Например, в России производят около 60 миллионов тонн в год котельного топлива. Большое количество выработки данного вида топлива обуславливается его спросом в различных видах промышленности (металлургической, химической, нефтеперерабатывающей, сельскохозяйственной). В частности, котельное топливо используют для агрегатов, технологических печей и тихоходных дизелей, а печное бытовое топливо для теплогенераторов при сушке зерна и фруктов. Сырьем для производства котельного топлива являются остатки перегонки нефти, термкрекинга и висбрекинга (легкие газоили вторичных процессов, асфальтены, тяжелые газоили, крекинг остаток и мазуты первичной перегонки или гудрон). Требования к выпускаемому котельному топливу описаны в ГОСТ 10585-99 [10-11, 29, 73, 75, 76, 79, 88].

Как известно, котельное топливо производится из продуктов переработки нефти. Рассмотрим особенности и различия рецептуры производства топочных мазутов М-40 и М-100. Так, например, при производстве котельного топлива марки М-40 добавляется 8-15 % среднестиллятных фракций, при этом в топливо марки М-100 данная добавка не применяется. Получение топлива марки Ф-5 производится смешиванием мазута и дизельного топлива с присадками в соотношении 6:4 или 7:3 [15, 18, 79, 82, 83, 87].

3.2 Основные эксплуатационные характеристики котельного топлива

3.2.1 Вязкость

Основное физико-химическое свойство текучих тел. Показатель вязкости присутствует в названии котельного топлива таких марок, как Ф-5 и Ф-12. Вязкость учитывается при транспортировке топлива, расчете полноты его сгорания и конструировании топливных систем (систем обогрева и перекачки, расчета эффективности форсунок).

Нормы на вязкость котельных топлив так же описаны в ГОСТ 10585-99 и представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Нормы вязкости для разных марок топочных мазутов

Наименование показателя	Значение для марки			
	Ф-5	Ф-12	М-40	М-100
Вязкость при 50 °С, не более: условная, градусы ВУ	5,0	12,0	–	–
Вязкость при 80 °С, не более: условная, градусы ВУ	–	–	8,0	–

Скорость осаждения механических примесей в главной мере зависит от вязкости смеси. Кинематическую вязкость находят путем перерасчета из экспериментально найденной, указывается в ряде спецификаций. Вязкость является не аддитивным свойством, поэтому при смешении различных составов, ее определяют экспериментально [13].

Так же стоит учитывать сдвиг показателя вязкости после термических и механических воздействий. Как правило, она становится ниже и требует повторного определения данного показателя.

3.2.2 Содержание серы

Содержание серы определяет работу топок и печей, ввиду коррозионной активности сернистых соединений. Меньше меркаптановых

соединений содержится в тяжелых топливах, по сравнению со светлыми сернистыми нефтепродуктами. Поэтому продукты сгорания тяжелых топлив наименее коррозионно-активны.

В таблице 5 приведены нормы по содержанию серы в котельных топливах.

Таблица 5 – Нормы по содержанию серы в котельных топливах

Нефти	Содержание серы, %
Из малосернистых нефтей	0,5-1,0
Из сернистых нефтей	2,0
Из высокосернистых нефтей	3,5

Повышение температуры начала конденсации влаги (точки росы) обосновывается наличие в парах оксида серы SO_3 . На «хвостовых» поверхностях котлов за счет этого начинает образовываться серная кислота, усиливая коррозию.

Также наличие оксидов серы ухудшает качество расплавленного металла и в значительной степени загрязняют окружающую среду.

3.2.3 Температура застывания

Температура застывания жидкостей более применима для нефтепродуктов и определяет самую низкую температуру, при которой жидкость остается подвижной. Данная характеристика учитывается при планировании процедур транспортировки, слива и налива жидкости. Нормы температуры застывания для топочных мазутов приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Нормы температуры застывания для топочных мазутов

Марки топочных мазутов	Температура застывания, °С
Ф-5	-5
Ф-12	-8
М-40	+10
М-100	+25

Качество топлива и способ его переработки главным образом влияет на температуру застывания нефтепродуктов. Регулируют данный показатель применением присадок, влияющих на структуру парафина, так как содержание парафина главным образом влияет на температуру застывания.

3.2.4 Температура вспышки

Такой показатель, как температура вспышки, определяет наименьшую температуру, при которой пары нефтепродукта образуют с воздухом смесь, воспламеняемую при поднесении к парам источника воспламенения.

Температуру вспышки необходимо регулировать ввиду предупреждения пожара и соблюдения норм пожарной безопасности. В местах хранения топлива необходимо организовывать все условия, предотвращающие нагрев продукта до температуры вспышки. Так же при выполнении различных операций необходимо фиксировать температуру разогрева жидкости. Оптимальная температура разогрева топлива должна отличаться от температуры вспышки на 15 °С [19].

3.2.5 Коксуемость

Отложения кокса при сгорании топлива необходимо регулировать ввиду пагубного воздействия на распыление и полноту сгорания. Коксуемость определяется содержанием в топливе высокомолекулярной ароматики и асфальтенов. Коксовые отложения накапливаются в устьях форсунок и препятствует нормальной работе печи. Коксуемость для легких топлив нормируется в пределах до 6 %, для тяжелых топлив данный показатель не нормируется. Нормы коксуемости представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Нормы коксуемости

Марка топлива	Коксуемость, %
Ф-5	не более 6
Ф-12	не более 6
М-40	—
М-100	—

Для печных топлив показатель коксуемости также играет большую роль. Тонкостью технологии выплавки металлов определяется производством большим содержанием лучистого тепла.

3.2.6 Теплота сгорания

Теплота сгорания определяется количеством тепла, выделяющимся при сжигании единицы топлива. Теплота сгорания рассчитывается исходя из химического состава вещества (содержанием таких элементов как С, Н, О, S, N, а также количеством золы и воды).

Нормы теплоты сгорания для разных типов топлива приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Нормы теплоты сгорания топлив

Тип топлива	Теплота сгорания, не менее, МДж/кг
Флотское	41,5
Тяжелые малосернистые	40,5
Тяжелые сернистые	39,3

Теплота сгорания играет важную роль при расчете расхода топлива для судов данного плавания.

3.2.7 Плотность

Плотность жидкостей главным образом зависит от ее температуры. В справочных материалах указывается плотность, определенная при 20 °С. Нормы плотности для марок котельного топлива приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Нормы по плотности для марок котельных топлив при 20 °С

Марки котельных топлив	Плотность, кг/м ³ , не более, при 20 °С
Ф-5	955
Ф-12	960
М-40	965
М-100	1015

Значение плотности жидкости необходимо учитывать при ее транспортировке, а именно для расчета объема емкостей. Плотность для котельного топлива определяют с целью выявления возможности расслоения при попадании воды при подогреве или транспортировке. Следовательно, для предупреждения расслоения, топливо с плотностью более 1 г/см^3 , не обогревают паром при застывании [14].

3.2.8 Вредные примеси. Зольность

Зольность котельного топлива зависит от комплекса показателей, таких как содержания деэмульгаторов в нефти, ее качества и технологии переработки. Зольность в топливе способно повысить содержание продуктов коррозии составных частей технологических аппаратов. Нормы по содержанию золы приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Нормы по содержанию золы

Марки котельных топлив	Содержание золы, %, не более
Ф-5	0,05
Ф-12	0,10
М-40	0,12
М-100	0,14

Зола представляет собой несгораемый минеральный остаток неорганических соединений. Наиболее губительным компонентом котельного топлива для оборудования является оксид ванадия (IV), ускоряющим коррозию.

3.2.9 Механические примеси

Нормирование содержания механических примесей в котельном топливе обусловлено ухудшением работы форсунок и снижением топливоподачи. Нормы содержания механических примесей представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Нормы по содержанию механических примесей

Марки котельных топлив	Механические примеси, %, не более
Ф-5	0,10
Ф-12	0,12
М-40	0,80
М-100	1,50

За механически примеси принимают взвешенные органические и неорганические частицы, образующиеся при переработке нефти и в процессе коррозии оборудования. Наибольший процент составляют неорганические отложения, так как органические почти полностью сгорают в процессе горения.

3.2.10 Содержание воды

Содержание воды в котельном топливе является отрицательным параметром и ее содержание необходимо предупреждать. Вода способна снизить такие характеристики топлива как теплота сгорания и ее стабильность. Нормы по содержанию воды приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Нормы содержания воды

Марки котельных топлив	Содержание воды, %, не более
Ф-5	0,3
Ф-12	0,3
М-40	1,5
М-100	1,5

Вода в топливо попадает путем транспортировки и обогрева. Учитывая эти факторы, заводы изготовителя стремятся производить топлива с низким содержанием воды. Несмотря на это, содержание воды при приготовлении топливных эмульсий, способно снизить пожароопасность при их эксплуатации.

Исследование характеристик котельного топлива дает возможность сравнения утвержденных норм и показателей предлагаемого топлива.

Выводы по 3 разделу

Котельное топливо является востребованным продуктом на рынке и занимает лидирующие места по выработке в мире. Обуславливается это спросом в различных видах промышленности. При изучении различия рецептур приготовления котельного топлива разных марок, была выявлена ограниченность сырья для производства.

Исследование эксплуатационных свойств котельного топлива указало на необходимость их практического определения. Так например вязкость и температура застывания учитывается при транспортировке топлива. А коксовые отложения и механические примеси ухудшают работу форсунок и снижают топливоподачу.

4 Выбор технологии и материалов очистки стружки от масляных загрязнений. Выбор технологии приготовления котельного топлива

4.1 Выбор технологии очистки стружки от масляных загрязнений

4.1.1 Способ очистки от масла замасленной стальной стружки и окалины шламов прокатного производства

Способ очистки мелких изделий от масла и устройство для очистки мелких изделий от масла [патент РФ № 2107559, В08В 3/06, С23G 3/00] заключается в очистке изделия подогретым раствором жидкого стекла при перемешивании, завершает технологию процесс промывки. Отрицательными аспектами данного способа являются сложность аппаратов, потеря технологической воды, а также невозможность очистки загрязненных шламов.

Выявленные недостатки решаются в техническом решении способа удаления масла с окалины [Патент США № 5047083, кл. С22В 7/00, 1989]. В данном методе частью технологии является процесс сбора загрязненной окалины и процесс определения масла. Окалину, содержащую более 0,5 % масла суспендируют в воде при интенсивном перемешивании. При этом содержание окалины в суспензии не должно быть менее 25 %. Очистка окалины от масляных загрязнений осуществляется за счет разделения твердой фазы и водяной эмульсии. Процесс повторяют до содержания масла на окалине менее 0,5 %. Очищенную окалину высушивают. Недостатком технологии является многостадийность и трудоемкость технологии. Так же образуется большое количество загрязненной воды для отмывания окалины, которую необходимо очищать от нефтепродуктов. При этом данное решение полностью решает проблему скапливания замасленной окалины на площадках, увеличивая сырье для металлургического производства [41].

Кроме того, в этом способе не предусмотрена очистка чугуновой (стальной) стружки.

Недостатки решения: многоступенчатость и многоагрегатность процесса; сложность в эксплуатации; необходимость применения вакуума, инертного газа и нагрева; невозможность вакуумной обработки мелкодисперсной окалины шламов прокатного производства.

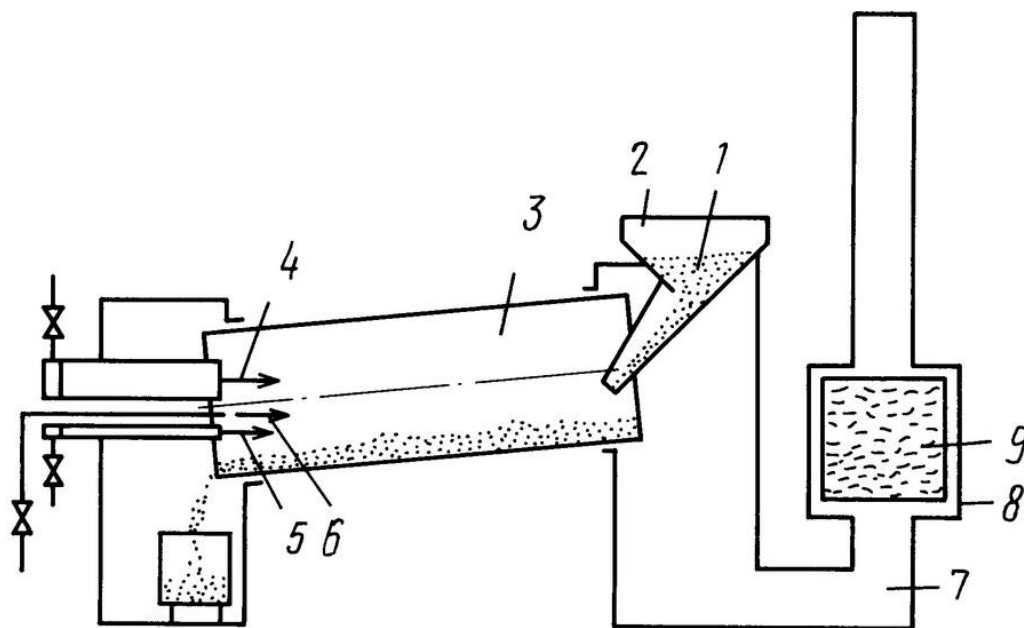
Данное технологическое решение не решает основной задачи исследования, а именно очистка стальной стружки. Поэтому данное решение не целесообразно для внедрения.

4.1.2 Способ очистки сыпучего материала от масел

Изобретение применяется для очистки стружки от не металлических включений. Очистка стружки по данному методу происходит во вращающемся барабане при нагревании. Загрязненная стружка засыпается в барабан и нагревается до температуры сгорания масляных компонентов. Очищенная стружка омывается струей водяного пара. Тем температура очищенной стружки на выходе 110-290 °С. Горячая стружка в завершении охлаждается водой [42].

В данной технологии при нагреве стружки выявляется не равномерный разогрев загрязненной стружки, что является отрицательным аспектом. Данный минус снижает эффективность технологии, а также способен ускорить коррозию в среде повышенных температур. Так же в процессе горения нефтепродуктов образуется большое количество токсичных выбросов, загрязняя окружающую среду. Схема аппарата приведена на рисунке 5.

Одной из главных задач исследования является снижения экологических рисков при транспортировке вторичного сырья с предприятия, поэтому внедрение данного технологического решения не целесообразно.



1 – сыпучее изделие; 2 – бункер; 3 – барабан; 4 – продукты сгорания топлива; 5 – водяной пар; 6 – вода; 7 – дымовые газы; 8 – слой стружки жаропрочного сплава; 9 – фильтр

Рисунок 5 – Модель изобретения очистки сыпучего материала от масел

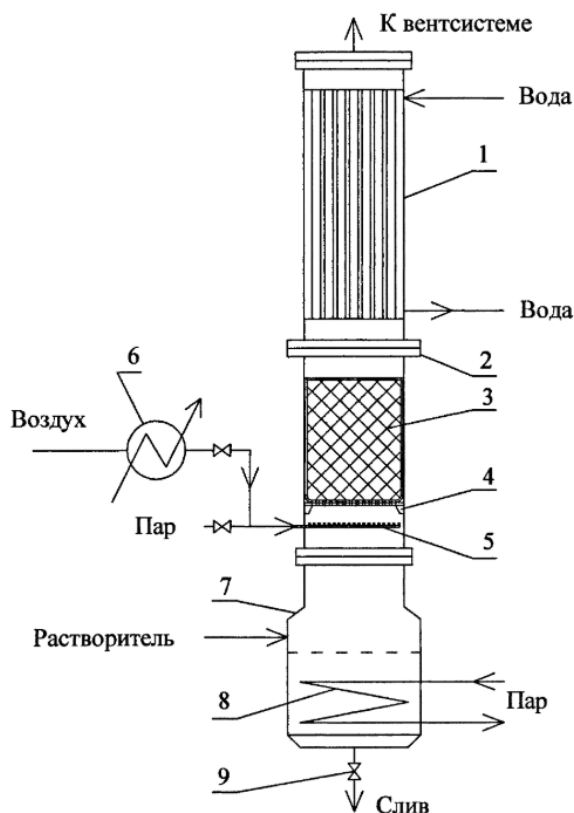
Так как в ходе данной технологии образуется большое количество отходящих дымовых газов, загрязняющих окружающую среду.

4.1.3 Аппарат для очистки стружки от масел

Данный аппарат предназначен для эффективной очистки замасленной металлической стружки металлургических и металлообрабатывающих производств. Составными частями аппарата являются: решетка, корзина для размещения стружки, перфорированная труба для подачи водяного пара и воздуха, нагревательный элемент и холодильник [43]. Схема аппарата приведена на рисунке 6.

Все известные методы очистки стружки недостаточно эффективны. Ввиду этого, главной задачей данного решения является повышение эффективности очистки металлической стружки от масляных загрязнений. Данная задача решается включением в составные части аппарата

нагревательного элемента, для перевода жидкого растворителя в газообразное состояние [43].



1 – холодильник; 2 – аппарат; 3 – корзина; 4 – решетка; 5 – перфорированная труба; 6 – теплообменник; 7 – кубовая часть; 8 – нагревательный элемент; 9 – вентиль

Рисунок 6 – Модель аппарата для очистки стружки от масел

Устройство работает следующим образом: к аппарату 2, объемом 200 литров, подсоединен холодильник 1, для очистки 50 килограммов стружки помещают в корзину, при этом корзину устанавливают на металлическую решетку. В кубовую часть 7 помещается 100 литров растворителя «Галоша», далее растворитель нагревают до температуры кипения за счет нагревательного элемента 8 и подачи пара на него. Температуру необходимо поддерживать в течение 30 минут [43].

Пары кипящего бензина попадают в корзину с загрязненной стружкой. После прохождения через слой стружки, пары попадая на стенки холодильника 1, охлаждаются, переходя в жидкую фазу, орошая и очищая загрязненную стружку и стекая вниз. Эффективность очистки стружки данным способом превышает 99 % [43].

Горячий растворитель в кубовой части охлаждается подачей холодной воды в элемент 8, далее сливается через вентиль 9 [43].

Для доочистки стружки от растворителя, в перфорированную трубку 5 подается пары воды в течение 2 минут. Далее следует процесс осушки нагретым воздухом в теплообменнике 6 [43].

По завершению процесса корзину с очищенной стружкой извлекают из аппарата. При этом использованный растворитель не требует регенерации, допускается его повторное использование.

Данный аппарат способен упростить и повысить эффективность процесса очистки стружки, снизить экономические расходы. Эта конструкция является оптимальной и может быть использована в решении задач исследования.

4.2 Выбор растворителя для достижения эффективного удаления масла и СОЖ с поверхности металлических изделий (стружки)

Как мы уже выяснили, от очистки миниатюрных изделий зависит качество выпускаемой продукции. В данный момент на рынке имеется большое количество растворителей и составов для очистки. Их применение зависит от состава загрязнения, материала выпускаемого изделия и необходимой степени чистоты. По данным критериям был проведен подбор растворителя для удаления масла.

В исследовании уже было показано нежелательное содержание остатков смазочно-охлаждающей жидкости на поверхности металлической

стружки. Ввиду этого необходимо изучить свойства разных растворителей. Для очистки масляных загрязнений могут применяться такие средства как:

- а) органические растворители (керосин, Уайт-спирит);
- б) хлорированные и фторированные углеводороды (трихлорэтилен, метилхлороформ, хладон 113);
- в) синтетические моющие средства (СМС) щелочного и кислотного характера [48, 49].

Органические растворители широко применяются для растворения толстых слоев масла с поверхностей с достижением высокой эффективности очистки. Отрицательным аспектом применения данного вида растворителя, является повышенной пожароопасностью и токсичностью.

Хлорированные и фторированные углеводороды способны эффективно бороться с масляными загрязнениями, особенно с очисткой металлической стружки от остатков смазочно-охлаждающей жидкости. Однако, их применение ограничивается высокой токсичностью, особым мер хранения данного вида средств и высокой стоимостью.

Синтетические моющие средства имеют широкое распространение и большие объемы производства. Имеют низкую токсичность, биоразлагаемы и неогнеопасны. После очистки с помощью синтетических средств образуется большое количество сточных вод, которые тяжело подвергаются очистке и дорогостоящей переработке [48]. Основные физико-химические показатели керосина приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Основные показатели керосина

Показатель	Значение	Единицы измерения
Плотность (при +20 °С)	0,78-0,85	г/см ³
Вязкость (при +20 °С)	1,2-4,5	мм ² /с
Температура вспышки	+28 ... +72	°С
Температура самовоспламенения	200-400	°С
Температура сгорания	43	МДж/кг

На основе представленных данных был выбран растворитель керосин. Данный растворитель способен решить поставленные задачи исследования.

4.3 Выбор технологии приготовления котельного топлива

4.3.1 Топливная композиция и способ ее получения

Основными компонентами получения данной композиции являются нефтешлам или мазут. Использование в качестве топлива в промышленности способно снизить себестоимость производства, утилизировать вторичное сырье.

Технология предлагаемого решения состоит в смешивании 60 масс. % нефтешлама, 30 масс. % печного топлива, 10 масс. % керосина при температуре 80 °С и давлении до 2 атмосфер; в смесь добавляют от 0,5 до 1,5 килограмм гипса на 10 тонн нефтешлама. При смешивании компонентов топлива происходит выделение хлопьев парафина. Поэтому, полученную смесь гомогенизируют в вихревой гидродинамической трубе, кавитаторе, при давлении 10 атмосфер. Устойчивость полученной композиции сохраняется в течении 6 месяцев [45].

Предприятие ЗАО «ВНИИОС НК» провело исследование полученной композиции на предмет содержания золы, механической примесей, плотности, содержание серы и содержания воды. Сравнивали полученное топливо с исходным топливом, входящим в состав. Показатель зольности уменьшился более, чем в 3 раза; механические примеси снизились в 1,5 раза; плотность составила 884 кг/м³; содержание серы снизилось в 35 раз.

Данный способ решает поставленные нами задачи, но в технологии используется дорогостоящий кавитатор, увеличивая стоимость производства.

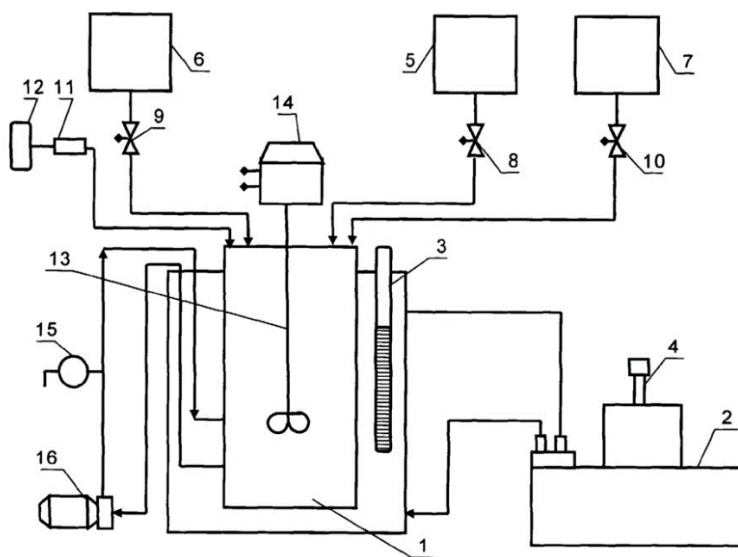
4.3.2 Способ получения бензино-водно-спиртовой эмульсии

Как известно, в применении бензино-спиртовых эмульсий серьезной проблемой является низкая стабильность. Задачей данного способа получения котельного топлива является устранение данного недостатка.

Достигается она смешиванием бензина, воды, эмульгатора и спирта в соотношении 8,00:9,47:0,53:10,00. При смешении данных компонентов получается гомогенная эмульсия топлива [44].

Приготовление бензино-спиртовых эмульсий происходит в сосуде 1 емкостью 500 мл, термостатируемой термостатом 2. Температура воды в термостате фиксируется термометром 3 и регулируется при помощи контактного термометра 4. Метанол, вода и газоконденсатный бензин подаются соответственно из емкостей 5, 6, 7. Для регулирования их расхода служат вентили 8, 9, и 10. Подача эмульгатора в сосуд 1 осуществляется при помощи медицинского шприца 11 и специального дозирующего устройства 12. Перемешивание жидких фаз осуществляется с помощью ультразвуковой мешалки 13, которая работает от электродвигателя 14.

Модель изобретения изображена на рисунке 7.



1 – сосуд; 2 – термостат; 3 – термометр; 4 – контактный термометр; 5, 6, 7 – емкости; 8, 9, 10 – емкости, 11 – медицинский шприц; 12 – дозирующее устройство; 13 – мешалка; 14 – электродвигатель; 15 – кран; 16 – насос

Рисунок 7 – Модель устройства получения бензино-водно-спиртовой эмульсии

Для дополнительного перемешивания и повышения однородности эмульсии, ее дисперсности, а также для удобства отбора проб (проба отбирается через кран 15) смесь дополнительно перекачивается насосом 16 производительностью 57,6 л/ч и возвращается вновь в емкость.

В смесь, согласно изобретению, содержащую 80 масс. % прямогонного бензина, 10 масс. % воды, вводились различные эмульгаторы и до 100 масс. % этанола. Эмульсия, стабильность которой сохранялась в течение 24 часов, является не расслаивающейся [44].

Данный способ прост в исполнении и полностью решает поставленные нами задачи.

4.3.3 Способ приготовления дисперсной водотопливной смеси и котельная установка с системами приготовления и сжигания указанной смеси

Данный способ получения топлива основан на проблеме утилизации отходов нефтепереработки и продуктов переработки сланцевого масла. Получения топлива заключается в смешении разогретого обводненного нефтешлама (примерное содержание воды 15 %) и мазута до 80-95 °С, с применением скоростной мешалки. Перемешивание компонентов при данной технологии проходит в течение 30 минут [46].

При температуре 80-95 °С из компонентов выделяется вода, способная снизить стабильность полученной смеси. Для увеличения стабильности в смесь добавляли полимеры, с низким содержанием серы (не более 0,05 %). Так же значительным недостатком данного способа является низкая стабильность. Смесь теряет свои свойства и расслаивается в течение 80-100 суток.

В рецептуре данного решения реализуются не используемые нами ресурсы, следовательно, не решает поставленные нами задачи.

Выводы по 4 разделу

После патентного поиска был выбран аппарат очистки стружки от масляных загрязнений и способ получения бензино-водно-спиртовой эмульсии. Способ очистки стружки в аппарате имеет высокую эффективность очистки и способен снизить экономические затраты, а так же решает поставленные нами задачи. Выбор способа получения бензино-водно-спиртовой эмульсии обуславливается наличием в выбранном нами способе очистки стружки органического растворителя. Данный способ реализует образующееся вторичное сырье ремонтных производств и предлагаемой технологии.

После анализа видов используемых растворителей был выявлен наилучший, а именно органический растворитель керосин.

5 Выбор рецептуры приготовления котельного топлива. Технология очистки металлической стружки с последующим получением котельного топлива

5.1 Выбор состава смесей

В процессе производства и предлагаемого решения образуются такие отходы как отмывочный керосин после отмывки стружки и отработанная смазочно-охлаждающая жидкость. Одной из главных задач исследования является повторное использование вторичного продукта производства. Поэтому на основе патентного поиска была взята идея способа получения бензино-водно-спиртовой эмульсии.

Задачей исследования являлось возможность смешивания керосиновых фракций 80 масс. %, отработанной СОЖ 10 масс. % и спирта (C_1-C_5) в количестве 10 масс. %, без присутствия эмульгаторов.

Также как контрольные образцы для сравнения была взята рецептура:

- керосин 80-85 масс. %, вода 9,47-10 масс. % и эмульгатор пентол 0,53 масс. % при дополнительном введении спирта (C_1-C_5) в количестве 5-10 масс. %;
- керосин 80-85 масс. %, вода 9,47-10 масс. % и эмульгатор неонол 0,53 масс. % при дополнительном введении спирта (C_1-C_5) в количестве 5-10 масс. %.

Эмульсия, содержащая керосин, этанол и воду способна повысить стабильность топливных смесей в присутствии воды

В данном решении вода, присутствующая в смеси, является антидетонационной добавкой, подавляя неуправляемое воспламенение. Способна снизить токсичность отработанных газов и пожароопасность.

5.2 Технология очистки металлической стружки от масляных загрязнений

Для решения поставленной задачи была разработана технология по очистке стружки от масляных загрязнений с последующим приготовлением котельного топлива. Данная технология включает следующие стадии:

- сортировка,
- механическое дробление,
- очистка в аппарате,
- брикетирование.

Сортировка металла проводится путем размещения отдельных видов стружки в герметичные пластиковые или металлические контейнеры. Размер контейнеров варьируется от выработки данного вида стружки.

Механическое дробление один из важных способов подготовки стружки к очистке. За счет увеличения плотности заполняемой корзины стружкой, уменьшается расход очистительных материалов технологии.

Для выполнения данной операции рекомендуется использовать дробилку металлической стружки серии S.

Измельчение стружки в данном типе дробилки осуществляется за счет трения витков друг о друга. Главным преимуществом данного метода является оптимизация расходуемой энергии и минимального износа рабочих поверхностей дробилки. Также дробилка способна работать с различными материалами и формами стружки.

Производительность данного типа аппарата составляет от 300 до 10000 кг/ч. Размер получаемой стружки после дробления 25÷50 мм.

Очистка стружки по предлагаемой технологии выполняется в аппарате очистки стружки от масляных загрязнений, описанным ранее в работе. Отличием является растворитель, применяемый в технологии. В ходе

исследования было выявлено, что для решения поставленных задач в работе следует использовать такой растворитель, как керосин.

Конструкция выбранного аппарата принципиально новая, аналогов не имеет. Производство составных частей может производиться как в соответствии с заявленными, так и в соответствии с образуемыми отходами производства.

Для брикетирования очищенной стружки в работе предлагается использование пресса для брикетирования металлической стружки модели Y83-500 (SBJ-500).

Брикеты из вторичного сырья удобно использовать в дальнейшем производстве, например, стальной тары и проволоки. Вторым по уровню спроса является производства металлоконструкций, затем машиностроение.

Характеристики и рабочие условия данной модели представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Характеристики пресса для брикетирования Y83-500 (SBJ-500)

Характеристика		Значение
Усилие прессования, кН		5000
Производительность по стали, кг/ч		900-1800
Допустимая длинна стружки, мм		50
Диаметр брикета, мм		90-130
Высота брикета, мм		70-130
Вес брикета, кг		3,7 ~ 5,5
Плотность брикета, кг/м ³		≥5500
Габариты машины	длинна, мм	3300
	ширина, мм	3000
	высота, мм	3600
Вес машины, тонн		10
Потребляемая мощность, кВт		37

Отличительной особенностью предлагаемой технологии является применение керосина в качестве растворителя. Данный выбор обусловлен последующими задачами получения котельного топлива и получения удовлетворительных результатов эксплуатационный свойств сырья.

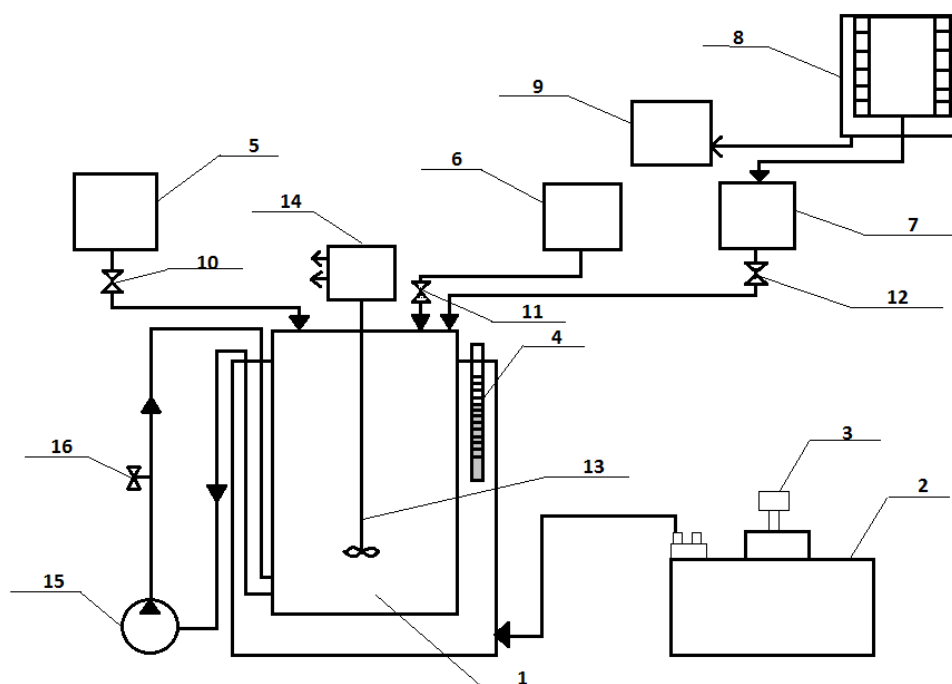
Оборудование для осуществления процесса очистки металлической стружки подбиралось с учетом оптимального соотношения энергетических и экономических затрат, следовательно, технология выполнима.

5.3 Технология получения котельного топлива

Технология получения предлагаемого котельного топлива состоит из нескольких стадий. А именно центрифугирования отработанной СОЖ для удаления имеющихся загрязнений и непосредственной само получение топлива.

Предлагаемое топливо реализуется путем смешения растворителя, участвующего в технологии очистки стружки, спирта и отработанной СОЖ в соотношении 8:1:1.

Приготовление предлагаемой смеси происходит в сосуде 1, объем сосуда подбирается в зависимости от предполагаемого объема полученной смеси. Регулирование температуры сосуда осуществляется за счет термостата 2 с контактным термометром 3. Термометр 4 фиксирует температуру воды в термостате. Сосуды 5, 6, 7 предназначены для скапливания растворителя, спирта и смазочно-охлаждающей жидкости соответственно. Отработанная СОЖ перед попаданием в сосуд 7 проходит очистку в центрифуге периодического действия с ручной выгрузкой осадка 8. Осадок скапливает в резервуаре 9. Для регулирования расхода жидкостей из емкостей 5, 6 и 7 служат вентили 10, 11, 12 соответственно. Перемешивание жидкостей осуществляется за счет мешалки 13, работающей на электродвигателе 14. Для дополнительного перемешивания и удобства отбора проб, смесь перекачивают насосом постоянной производительности 15. Отбор проб осуществляется через кран 16. Схема предлагаемой технологии изображена на рисунке 8.



1 – сосуд для получаемой смеси; 2 – термостат; 3 – контактный термометр; 4 – термометр;
 5, 6, 7 – сосуды для исходных жидкостей; 8 – центрифуга, 9 – емкость для сбора осадка,
 10, 11, 12 – дозирующие вентили, 13 – мешалка; 14 – электродвигатель; 15 – насос;
 16 – кран

Рисунок 8 – Схема предлагаемой технологии

Данная технология способна повысить продуктивность затрачиваемых ресурсов предприятия в процессах металлообработки. Предлагаемая технология получения котельного топлива, компонентом которого является отработанная смазочно-охлаждающая жидкость, не имеет аналогов.

Выводы по 5 разделу

Предлагаемая технология очистки металлической стружки повышает качество производимых деталей из вторичного сырья за счет уменьшения процента угара, образующегося при горении различных масляных загрязнений. Также основополагающим плюсом является получение

компактных брикетов, уменьшая затраты на транспортировку и дальнейшую переработку отходов.

При соблюдении технологии переработки вторичного сырья (стружки) от масляных загрязнений качество выпускаемого лома не будет уступать лому, выплавляемому из руды. После многократной переплавки металл не теряет своего качества, следовательно, на использование вторичного сырья нет ограничений.

Предлагаемая технология получения котельного топлива реализует отходы разработанной нами технологии очистки металлической стружки, а так же отработанную смазочно-охлаждающую жидкость. Следовательно, предлагаемая технология способна повысить продуктивность затрачиваемых ресурсов предприятия в процессах металлообработки. Предлагаемая технология не имеет аналогов.

6 Исследование почвы и эксплуатационных свойств предлагаемого котельного топлива

6.1 Исследование почвы на территории хранения стружки

Для выявления загрязнений, вызванных остатками отработанной СОЖ и масла на стружке, был выполнен анализ почвы на содержание нефтепродуктов методом ИК-спектроскопии.

Метод заключается в экстракции нефтепродуктов из почв и донных отложений четыреххлористым углеродом, хроматографическом отделении нефтепродукта от сопутствующих органических соединений других классов, и количественном определении нефтепродуктов (НП) по интенсивности поглощения в ИК области спектра [32].

Отобранную пробу почвы необходимо высушить до комнатной температуры. Также перед началом анализа необходимо очистить почвы от видимых механических включений (корней, камней и так далее), измельчают и протирают через сито с диаметром ячеек 0,5 мм. Из полученной массы отбирают 100 ± 1 г пробы, высушивают ее на воздухе до постоянного веса. Из подготовленной пробы отбирают необходимое количество проб для параллельного определения. Количество пробы определяется методикой в зависимости от содержания нефтепродуктов в ней.

В коническую колбу с притертой пробкой помещают навеску и заливают 10 см^3 четыреххлористым углеродом. Интенсивно встряхивают на аппарате в течение часа. Полученный экстракт фильтруют через фильтр «белая лента» и сливают в бюкс с притертой пробкой. Экстракцию с фильтрованием повторяют еще 2 раза с новыми порциями четыреххлористого углерода. Далее все экстракты объединяют и фиксируют общий объем.

Далее необходимо подготовить хроматографическую колонку, заполненную прокаленным оксидом алюминия. Для этого в нижнюю часть

колонки помещают стекловолокно толщиной 2-3 мм, засыпают около 1 г оксида алюминия и сверху покрывают стекловолокном толщиной приблизительно 5 мм [57].

В хроматографическую колонку предварительно для смачивания заливают 10 см³ четыреххлористого углерода. Для сбора элюата подготавливают цилиндр. Следует обратить внимание на то, что первые 10 см³ элюата отбрасывают. Далее пипеткой выливают 5 см³ экстракта, после прохождения самой пробы дополнительно в колонку заливают такое же количество свежего четыреххлористого углерода. Замеряют объем полученного элюата и фиксируют на приборе содержание нефтепродуктов в элюате. Показания прибора не должны быть более 90 мг/дм³. При превышении показаний, экстракт разбавляют [32].

Содержание нефтепродуктов в почке рассчитывается по формуле:

$$X_{\text{изм}} = \frac{C_{\text{изм}} \cdot V \cdot V_2 \cdot V_{\text{элюат}}}{M \cdot V_1 \cdot V_{\text{ал}}}, \quad (1)$$

где $X_{\text{изм}}$ – содержание нефтепродуктов в почве, мг/кг;

$C_{\text{изм}}$ – показания прибора, мг/дм³;

M – масса навески для анализа, кг;

V – суммарный объем экстракта, дм³;

V_1 – объем экстракта, взятый для разбавления, дм³;

V_2 – объем экстракта, полученный после разбавления, дм³;

$V_{\text{ал}}$ – объем аликвоты экстракта, введенный в хроматографическую колонку, дм³;

$V_{\text{элюат}}$ – объем элюата, полученного после пропускания экстракта через колонку, дм³.

Результаты измерений приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Полученные значения определения нефтепродуктов

Показатель	Обозначение	Значение
Показания прибора для первой параллельной пробы, мг/дм ³	C _{изм1}	15,92
Показания прибора для второй параллельной пробы, мг/дм ³	C _{изм1}	15,90
Масса навески для анализа, кг	M	0,0005
Суммарный объем экстракта, дм ³	V	0,022
Объем аликвоты экстракта, введенный в хроматографическую колонку, дм ³	V _{ал}	0,022
Объем элюата, полученного после пропускания экстракта через колонку, дм ³	V _{эл}	0,026
Объем экстракта, взятый для разбавления, дм ³	V ₁	0,01
Объем экстракта, полученный после разбавления, дм ³	V ₂	0,025

Концентрация нефтепродуктов в первой параллельной пробе рассчитывается по формуле 2:

$$X_{изм1} = \frac{15,92 \cdot 0,022 \cdot 0,025 \cdot 0,026}{0,0005 \cdot 0,01 \cdot 0,022} = 2069,6, \quad (2)$$

Концентрация нефтепродуктов во второй параллельной пробе рассчитывается по формуле 3:

$$X_{изм2} = \frac{15,90 \cdot 0,022 \cdot 0,025 \cdot 0,026}{0,0005 \cdot 0,01 \cdot 0,022} = 2067,0, \quad (3)$$

Далее определяют среднее арифметическое между двух определений по формуле 4:

$$\bar{X} = \frac{X_{изм1} + X_{изм2}}{2}, \quad (4)$$

Среднее значение концентрации нефтепродуктов в пробе вычисляется по формуле 5:

$$\bar{X} = \frac{2069,6 + 2067,0}{2} = 2068,3, \quad (5)$$

Среднее значение вычисляется при выполнении условия (формула 6):

$$|X_{\text{изм1}} - X_{\text{изм2}}| \leq 0,01 \cdot r \cdot \bar{X}, \quad (6)$$

где r – предел сходимости (для двух результатов измерений), %.

Сходимость результатов измерения вычисляется по формуле 7:

$$|2069,6 - 2067,0| \leq 0,01 \cdot 22 \cdot 2068,3, \quad (7)$$

Конечный результат измерений представлен в формуле 8:

$$2,6 \leq 255,0, \quad (8)$$

Исходя из полученных результатов, представленных в формуле 8, полученные значения концентрации нефтепродуктов в пробе удовлетворяют условия сходимости методики.

Показатель точность методики рассчитывается по формуле 9:

$$\Delta = 0,01 \cdot \delta \cdot C_x, \quad (9)$$

где Δ – показатель точности методики,

δ – показатель правильности (границы относительной систематической погрешности при вероятности $P = 0,95$), %.

Конечный результат измерения концентрации нефтепродуктов анализируемой пробе, мг/кг, представлен в формуле 10:

$$2068,3 \pm 310,2. \quad (10)$$

В соответствии с порядком определения размеров ущерба от загрязнений земель химическими веществами (утв. Роскомземом 10 ноября 1993 г. и Минприроды РФ 18 ноября 1993) зафиксированное значение нефтепродуктов соответствует среднему уровню загрязнения. Следовательно, проблема на предприятии имеется и требует решения.

6.2 Определение эксплуатационных характеристик смесей

6.2.1 Плотность

Плотность – масса тела в единице объема, выражается в г/см³. Для определения плотности нефтяных продуктов вычисляют относительную плотность. Находят ее отношением массы нефтепродукта к массе того же объема воды при той же температуре. Так как относительная плотность — это безразмерная величина, ее значение определяют при 20 °С и относят к плотности воды. Если плотность нефтяных продуктов определяют не при 20 °С, то ее пересчитывают, используя температурные поправки плотности. Полученные значения определения плотности смеси представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Полученные значения определения плотности смеси

Показатель	Обозначение	Значение
Температура в лаборатории, °С	t	25
Масса колбы, г	m _{колбы}	19,4374
Масса колбы с водой, г	m _{колбы с водой}	44,8357
Масса колбы со смесью, г	m _{колбы со смесью}	40,8373

Плотность при заданной температуре определяют по формуле 11:

$$\rho^t = \frac{m_{\text{колбы со смесью}} - m_{\text{колбы}}}{m_{\text{колбы с водой}} - m_{\text{колбы}}}, \quad (11)$$

где ρ^t – плотность при t градусах;

$m_{\text{колбы со смесью}}$ – масса колбы со смесью, г;

$m_{\text{колбы}}$ – масса колбы, г;

$m_{\text{колбы с водой}}$ – масса колбы с водой, г.

Плотность полученной смеси вычисляют по формуле 12:

$$\rho^t = \frac{40,8373 - 19,4374}{44,8357 - 19,4374} = 0,8426, \quad (12)$$

Относительная плотность полученной смеси вычисляют по формуле 13:

$$\rho^{20} = \rho^{25} - \alpha \cdot (t^{25} - t^{20}), \quad (13)$$

где ρ^{20} – относительная плотность;

ρ^{25} – плотность нефтепродукта при 25 °С;

α – температурная поправка;

t^{25} – температура анализа, °С;

t^{20} – температура нефтепродукта приравненная к 20 °С, °С.

Результат вычислений относительной плотности представлен в формуле 14:

$$\rho^{20} = 0,8426 + 5 \cdot 0,000712 = 0,8462. \quad (14)$$

Полученное опытным путем значение относительной плотности предлагаемой полученной смеси, меньше показателей топочного мазута, по

ГОСТу. Плотность способна повлиять на вместимость топлива в баки для перевозки, за счет разности показателей предлагаемого топлива и широко используемого на данный момент топочного мазута.

6.2.2 Расслаивание

Была проведена проверка исследуемых эмульсий на расслаивание. Для этого в течении 10 дней следили за их состоянием. Эмульсия должна оставаться однородной. Не должны проявляться более тёмные или светлые слои.

На протяжении всего эксперимента не одна эмульсия не расслоилась, что указывает на удовлетворительные результаты анализа.

6.2.3 Температура застывания

Пробирки закрепляют в держателе штатива в вертикальном положении, затем помещают его в водяную баню со льдом.

В водяной бане полученные смеси удалось охладить до плюс 4-5 °С. Далее смеси поместили в морозильную камеру и через короткий промежуток времени устанавливали температуру и степень застывания смесей.

Когда продукт в пробирке примет температуру, намеченную для определения застывания, пробирку наклоняют под углом 45° и, не вынимая из охлаждающей смеси, держат в таком положении в течение 1 минуты. По истечению времени наблюдают смещение мениска испытуемого продукта.

За температуру застывания испытуемого нефтепродукта принимают среднеарифметический результат двух определений. Два результата определений, полученные одним исполнителем, признаются достоверными с 95 %-ной доверительной вероятностью, если расхождение между ними не превышает 2 °С.

Установить температуру перехода от неподвижности к подвижности не удалось. Смеси удалось максимально охладить до -11 °С. Данные испытаний представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Температура застывания смесей

Состав смеси	Температура застывания, °С
Растворитель, отработанная СОЖ, спирт	> -11
Растворитель, вода, спирт, пентол	> -11
Растворитель, вода, спирт, неонол	> -11

Полученные показатели превосходят значения по ГОСТ 10585-99 на 38 %.

6.2.4 Температура вспышки в закрытом тигле (ГОСТ 6356-75)

Температуру вспышки предлагаемого топлива определяли в аппарате закрытого типа, изображенном на рисунке 9. Тигель прибора, с меткой уровня налива, состоит из латунного сплава, закрытого крышкой. На крышке имеется механическая мешалка, для равномерного перемешивания нагреваемой смеси, отверстие для термометра, открывающееся устройство с двумя окнами и зажигающее устройство. Тигель помещен в нагревательное устройство, соединяемое с сетью через реостат [15].



Рисунок 9 – Прибор для определения температуры вспышки

Анализируемая смесь наливается в тигель до метки, закрывается крышкой. Устанавливается термометр, и прибор подключают в сеть, включая обогрев [15].

Минимальная температура, при которой появляется быстроисчезающее синее пламя, и принимается температура вспышки. Опытные значения температуры вспышки всегда ниже рассчитанной. Полученные значения температуры вспышки смесей занесены в таблицу 18.

Таблица 18 – Температура вспышки в закрытом тигле для образцов

Состав смеси	Температура вспышки в закрытом тигле, °С
Растворитель, отработанная СОЖ, спирт	65
Растворитель, вода, спирт, пентол	62
Растворитель, вода, спирт, неол	62

В нашем случае, температура вспышки, из-за введения легколетучего компонента – спирта, удовлетворяет требованиям ГОСТ 10585-99, ГОСТ 1667-68.

6.2.5 Коксуемость по методу Конрадсона (ГОСТ 19932-99)

Устройство прибора для определения коксуемости представляет собой 3 вида тиглей (фарфоровый тигель для налива топлива, железный тигель с крышкой с отверстием для выхода паров, железный тигель с крышкой), железный муфель, железный колпак с трубкой и фарфоровый треугольник [16].

В фарфоровый тигель, доведенный до постоянного веса, прилили 5 г топлива с точностью 0,01 г, поместили в железный тигель с крышкой для выхода паров. На дно железного тигля насыпают кварцевый песок, ставят два тигля. На треножник внутри муфеля ставится фарфоровый треугольник, на который устанавливают систему тиглей, накрывают колпаком [16].

Под тигли устанавливают горелку, пламя должно охватывать бока тигля внутри муфеля.

После появления пламя горящих летучих паров уменьшают пламя горелки. Период горения считается законченным, когда прекращается горение паров и перестанет наблюдаться образование дыма над колпаком.

Накаливают дно тигля докрасна в течение 7 минут. По истечению времени убирают горелку, выжидают 3 минуты, снимают колпак и крышку наружного тигля. Через 15 минут ставят в эксикатор и охлаждают в течении 40 минут, взвешивают на аналитических весах [16].

Количество кокса X , %, вычисляют по формуле 15:

$$X = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100, \quad (15)$$

где m_1 – масса пустого тигля, г;

m_2 – масса тигля с образцом, г;

m_3 – масса тигля с остатком, г.

Коксуемость смеси растворитель, отработанная СОЖ, спирт X_1 , %, вычисляют по формуле 16:

$$X_1 = \frac{31,8184 - 31,7576}{36,7576 - 31,7576} \cdot 100 = 1,22, \quad (16)$$

Коксуемость смеси растворитель, вода, спирт, пентол X_2 , %, вычисляют по формуле 17:

$$X_2 = \frac{30,4963 - 30,4561}{35,4562 - 30,4561} \cdot 100 = 0,80, \quad (17)$$

Коксуемость смеси растворитель, вода, спирт, неонол X_3 , %, вычисляют по формуле 18:

$$X_2 = \frac{29,7867 - 29,7457}{34,7457 - 29,7457} \cdot 100 = 0,82, \quad (18)$$

Все полученные значения занесены в таблицу 19.

Таблица 19 – Коксуемость смесей

Состав смеси	Коксуемость, масс. %
Растворитель, отработанная СОЖ, спирт	1,22
Растворитель, вода, спирт, пентол	0,80
Растворитель, вода, спирт, неол	0,82

Полученные значения коксуемости смесей дали положительные результаты. Значения коксуемости для предлагаемой смеси растворителя, отработанной смазочно-охлаждающей жидкости и спирта дали результат больше, чем сравниваемые за счет загрязненности отработанной СОЖ

6.2.6 Механические примеси

В технологическом процессе в исходные продукты могут попасть продукты коррозии аппаратов и трубопроводов, падь и грязь. При исследованиях большое содержание механических примесей может в значительной степени повлиять на правильность определения таких показателей, как плотность, молекулярная масса, коксуемость, содержание серы и других веществ. Поэтому перед началом испытаний смеси требуется освободить от примесей путем отстаивания или фильтрования.

Подготовка фильтра заключается в поведении его в бюксе до постоянной массы в сушильном шкафу 2 часа при температуре 105 °С. По прошествии двух часов бюкс помещают в эксикатор на 30 минут. Важно соблюдать время каждого этапа для точности и скорости выполнения измерений. Взвешивают с погрешностью 0,0004 г. При невыполнении данного условия операцию повторяют.

Взвешивают 10 г смеси с точностью 0,05 г на аналитических весах. Раствор фильтруют через подготовленный фильтр и дают немного подсохнуть на воздухе. Аккуратно переносят фильтр в бюкс, в котором сушился фильтр, и также доводят до постоянного веса

Массовую долю механических примесей M , %, рассчитывают по формуле 19:

$$M = \frac{m_1 - m_2}{m_3} \cdot 100, \quad (19)$$

где m_1 – масса бюкса с фильтром после фильтрования г;

m_2 – масса бюкса с чистым фильтром, г;

m_3 – масса навески нефти, г.

Содержание механических примесей вычисляют как среднее арифметическое из результатов двух параллельных определений.

Массовая доля механических примесей M_1 , %, в смеси: растворитель, отработанная СОЖ, спирт, рассчитывается по формуле 20:

$$M_1 = \frac{52,9034 - 52,8843}{10,0003} \cdot 100 = 0,191, \quad (20)$$

Массовая доля механических примесей M_2 , %, в смеси: растворитель, вода, спирт, пентол, рассчитывается по формуле 21:

$$M_2 = \frac{53,3583 - 53,3489}{10,0001} \cdot 100 = 0,094, \quad (21)$$

Массовая доля механических примесей M_3 , %, в смеси: растворитель, вода, спирт, неонол, рассчитывается по формуле 22:

$$M_3 = \frac{52,7836 - 52,7728}{10,0002} \cdot 100 = 0,108. \quad (22)$$

Все показатели, установленные практическим путем, имеют удовлетворительные показатели. Данное решение способно снизить трудоемкость транспортировки, слива и сжигания предлагаемого топлива.

Выводы по 6 разделу

Анализ почвы с территории хранения загрязненной стружки выявил среднюю степень загрязнения. Следовательно, проблема на предприятии имеется и требует решения.

Внедрение предлагаемого метода очистки стружки способно снизить антропогенное воздействие на почву, за счет снижения точек хранения загрязненной стружки. Непосредственно после заполнения контейнеров в технологических цехах, стружка будет направляться сразу на очистку, минуя ее хранение на полигонах.

Практическое изучение эксплуатационных свойств (плотность, расслаивание, температура застывания, температур вспышки в закрытом тигле, коксуемость по методу Конрадсона и механические примеси) предлагаемого топлива дало положительные результаты. Полученные результаты не только удовлетворяли значения ГОСТа, но и в несколько раз их превосходили (максимальная зафиксированная температура застывания на 38 % превосходит лучший показатель по ГОСТу).

7 Экономическая эффективность предлагаемого решения. Расчет материального баланса

7.1 Экономическая эффективность предлагаемого решения

В данной работе был проведен расчет экономической эффективности предлагаемой технологии очистки стружки от загрязнений. Исходные данные для расчета представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Исходные данные для проведения расчёта экономической эффективности

Наименование	Единицы измерения	Значение	Обозначение
Количество стальной стружки	т	45	n_1
Средняя стоимость продажи 1 т стальной стружки	руб	6500	C_1
Количество нержавеющей стружки	т	15	n_2
Средняя стоимость продажи 1 т нержавеющей стружки	руб	30000	C_2
Средняя стоимость продажи 1 т стальных брикетов	руб	31500	C_3
Средняя стоимость продажи 1 т нержавеющей брикетов	руб	157500	C_4
Стоимость оборудования для очистки стружки	руб	50000	$C_{об}$
Стоимость пресса для брикетирования	руб	1500000	$C_{пресса}$

Общая стоимость продажи стальной и нержавеющей стружки $C_{общ}$, руб, находят по формуле 23:

$$C_{общ} = n_1 \cdot C_1 + n_2 \cdot C_2, \quad (23)$$

где n_1 – количество стальной стружки, т;

C_1 – средняя стоимость продажи 1 тонны стальной стружки, руб;

n_2 – количество нержавеющей стружки, т;

C_2 – средняя стоимость продажи 1 тонны нержавеющей стружки, руб.

Результаты вычислений общей стоимости продажи стальной и нержавеющей стружки представлены в формуле 24:

$$C_{\text{общ}} = 45 \cdot 6500 + 15 \cdot 30000 = 742500, \quad (24)$$

Стоимость аппаратов по очистке стружки по предлагаемой технологии $C_{\text{тех-гии}}$, руб, находят по формуле 25:

$$C_{\text{тех-гии}} = C_{\text{об}} + C_{\text{пресса}}, \quad (25)$$

где $C_{\text{об}}$ – стоимость оборудования для очистки стружки, руб;

$C_{\text{пресса}}$ – стоимость пресса для брикетирования, руб.

Полученная стоимость аппаратов по очистке стружки по предлагаемой технологии представлена в формуле 26:

$$C_{\text{тех-гии}} = 50000 + 1500000 = 1550000, \quad (26)$$

Стоимость продажи 45 тонн стальных брикетов $C_{\text{ст}}$, руб, находят по формуле 27:

$$C_{\text{ст}} = n_1 \cdot C_3, \quad (27)$$

где n_1 – количество стальной стружки, т;

C_3 – средняя стоимость продажи 1 тонны стальных брикетов, руб.

Полученная стоимость продажи 45 тонн стальных брикетов представлена в формуле 28:

$$C_{\text{ст}} = 45 \cdot 12000 = 540000, \quad (28)$$

Стоимость продажи 15 тонн нержавеющей стружки $C_{\text{нер}}$, руб, находят по формуле 28:

$$C_{\text{нер}} = n_2 \cdot C_4, \quad (28)$$

где n_2 – количество нержавеющей стружки, т;

C_4 – средняя стоимость продажи 1 т нержавеющей стружки, руб.

Рассчитанная стоимость продажи 15 тонн нержавеющей стружки представлена в формуле 29:

$$C_{\text{нер}} = 15 \cdot 110000 = 1650000, \quad (29)$$

Общая стоимость продажи вторичного сырья после очистки $C_{\text{общ2}}$, руб, находят по формуле 30:

$$C_{\text{общ2}} = C_{\text{ст}} + C_{\text{нер}}, \quad (30)$$

где $C_{\text{ст}}$ – стоимость продажи 45 т стальных брикетов, руб;

$C_{\text{нер}}$ – стоимость продажи 15 т нержавеющей стружки, руб.

Рассчитанная стоимость продажи вторичного сырья после очистки представлена в формуле 31:

$$C_{\text{общ2}} = 540000 + 1650000 = 2190000, \quad (31)$$

Годовая выгода при внедрении предлагаемой технологии при заданных количествах стружки $C_{\text{выгоды}}$, руб, находят по формуле 32:

$$C_{\text{выгоды}} = C_{\text{общ2}} - C_{\text{тех-гии}}, \quad (32)$$

где $C_{\text{общ2}}$ – стоимость продажи вторичного сырья после очистки, руб;

$C_{\text{тех-гии}}$ – стоимость аппаратов по очистке стружки, руб.

Рассчитанная выгода представлена в формуле 33:

$$C_{\text{выгоды}} = 2190000 - 1550000 = 640000. \quad (33)$$

Предлагаемое котельное топливо возможно к использованию в любой разновидности котельной, в которой используется жидкое котельное топливо.

7.2 Расчет материального баланса

Также в данной работе был проведен расчет экономической материального баланса сжигания топлива. Исходные данные для расчета представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Химический состав предлагаемого топлива

Наименование	Единицы измерения	Значение	Обозначение
Содержание углерода в предлагаемом топливе	масс. %	C^p	88,2
Содержание водорода в предлагаемом топливе	масс. %	H^p	10,5
Содержание кислорода в предлагаемом топливе	масс. %	O^p	1,1
Содержание серы в предлагаемом топливе	масс. %	S^p	0,1
Содержание азота в предлагаемом топливе	масс. %	N^p	0,1
Коэффициент избытка воздуха	-	α	1,3
Влажность воздуха	г/см ³	$g^{c.в.}$	13,9
Температура смеси	°C	$t_{\text{смеси}}$	98
Температура подогрева воздуха	°C	$t_{\text{в}}$	300

Для определения необходимого количества воздуха для сжигания 1 кг смеси топлива рассчитываем количество кислорода на окисление компонентов V_{O_2} , м³/кг, по формуле 34:

$$V_{O_2} = 0,01 \cdot (1,867 \cdot C^p + 5,6 \cdot H^p + 0,7 \cdot S^p - 0,7 \cdot O^p), \quad (34)$$

где C^p – содержание углерода в предлагаемом топливе, масс. %;

H^p – содержание водорода в предлагаемом топливе, масс. %;

S^p – содержание серы в предлагаемом топливе, масс. %;

O^p – содержание кислорода в предлагаемом топливе, масс. %.

Рассчитанное необходимое количество воздуха при заданных процентных содержаниях компонентов представлено в формуле 35:

$$V_{O_2} = 0,01 \cdot (1,867 \cdot 88,2 + 5,6 \cdot 10,5 + 0,7 \cdot 0,1 - 0,7 \cdot 1,1) = 2,23, \quad (35)$$

Находим теоретический расход сухого воздуха $L_0^{c.b.}$, м³/кг, по формуле 36:

$$L_0^{c.b.} = (1 + k) \cdot V_{O_2}, \quad (36)$$

где k – константа соотношения азота и кислорода в воздухе.

Полученное значение теоретического расхода сухого воздуха представлено в формуле 37:

$$L_0^{c.b.} = (1 + 3,76) \cdot 2,23 = 10,61, \quad (37)$$

Расход влажного воздуха $L_0^{b.b.}$, м³/кг, находим по формуле 38:

$$L_0^{b.b.} = (1 + 0,00124 \cdot g^{c.b.}) \cdot L_0^{c.b.}, \quad (38)$$

где $g^{c.B}$ – влажность воздуха, г/см³.

Полученное значение расхода влажного воздуха представлено в формуле 39:

$$L_0^{B.B.} = (1 + 0,00124 \cdot 13,9) \cdot 10,61 = 10,79, \quad (39)$$

Рассчитываем практический расход влажного воздуха $L_D^{B.B.}$ м³/кг, находим по формуле 40:

$$L_D^{B.B.} = \alpha \cdot L_0^{B.B.}, \quad (40)$$

где α – коэффициент избытка воздуха.

Рассчитанное значение практического расхода влажного воздуха представлены в формуле 41:

$$L_D^{B.B.} = 1,3 \cdot 10,79 = 14,03, \quad (41)$$

Определяем объемное количество продуктов горения смеси при $\alpha = 1$.

Объемное количество углекислого газа $V_0^{CO_2}$, м³/кг, находим по формуле 42:

$$V_0^{CO_2} = 0,01 \cdot 1,867 \cdot C^p, \quad (42)$$

Полученное значение объемного количества углекислого газа представлено в формуле 43:

$$V_0^{CO_2} = 0,01 \cdot 1,867 \cdot 88,2 = 1,65, \quad (43)$$

Объемное количество оксида серы $V_0^{SO_2}$, м³/кг, находим по формуле 44:

$$V_0^{SO_2} = 0,01 \cdot 0,7 \cdot S^p, \quad (44)$$

Полученное значение объемного количества оксида серы представлено в формуле 45:

$$V_0^{SO_2} = 0,01 \cdot 0,7 \cdot 0,1 = 0,0007, \quad (45)$$

Объемное количество водяных паров $V_0^{H_2O}$, м³/кг, находим по формуле 46:

$$V_0^{H_2O} = 0,01 \cdot (11,2 \cdot H^p + 1,244 \cdot W^p) + 0,00124 \cdot g^{c.B.} \cdot L_0^{c.B.}, \quad (46)$$

где W^p – количество примесей, образующие золу и влагу.

Полученное значение водяных паров представлено в формуле 47:

$$V_0^{H_2O} = 0,01 \cdot (11,2 \cdot 10,5 + 1,244 \cdot 0) + 0,00124 \cdot 13,9 \times \\ \times 10,61 = 1,359 \quad (47)$$

Объемное количество азота $V_0^{N_2}$, м³/кг, находим по формуле 48:

$$V_0^{N_2} = 0,01 \cdot 0,8 \cdot N^p + k \cdot V_{O_2}, \quad (48)$$

Полученное значение количества азота представлено в формуле 49:

$$V_0^{N_2} = 0,01 \cdot 0,8 \cdot 0,1 + 3,76 \cdot 2,23 = 8,39, \quad (49)$$

Общий объем продуктов горения V_0 , м³/кг, находим по формуле 50:

$$V_0 = V_0^{CO_2} + V_0^{SO_2} + V_0^{H_2O} + V_0^{N_2}, \quad (50)$$

Полученное значение общего объема продуктов горения представлено по формуле 51:

$$V_0 = 1,65 + 0,0007 + 1,359 + 8,39 = 11,40, \quad (51)$$

Определяем процентный состав отработанных газов.

Процентный состав оксида углерода CO_2 , %, находим по формуле 52:

$$CO_2 = \frac{V_0^{CO_2} \cdot 100}{V_0}, \quad (52)$$

Рассчитанный процентный состав оксида углерода представлен в формуле 53:

$$CO_2 = \frac{1,65 \cdot 100}{11,40} = 14,47, \quad (53)$$

Процентный состав оксида серы SO_2 , %, находим по формуле 54:

$$SO_2 = \frac{V_0^{SO_2} \cdot 100}{V_0}, \quad (54)$$

Рассчитанный процентный состав оксида серы представлен в формуле 55:

$$SO_2 = \frac{0,0007 \cdot 100}{11,40} = 0,006, \quad (55)$$

Процентный состав азота N_2 , %, находим по формуле 56:

$$N_2 = \frac{V_0^{N_2} \cdot 100}{V_0}, \quad (56)$$

Рассчитанный процентный состав азота представлен в формуле 57:

$$N_2 = \frac{8,39 \cdot 100}{11,40} = 73,60, \quad (57)$$

Процентный состав водяных паров H_2O , %, находим по формуле 58:

$$H_2O = \frac{V_0^{H_2O} \cdot 100}{V_0}, \quad (58)$$

Рассчитанный процентный состав водяных паров представлен в формуле 59:

$$H_2O = \frac{1,359 \cdot 100}{11,40} = 11,92, \quad (59)$$

Рассчитываем объемное количество продуктов горения при $\alpha = 1,3$.

Увеличение количества подаваемого воздуха не влияет на количество CO_2 $V_d^{CO_2}$, м³/кг, и SO_2 $V_d^{SO_2}$, м³/кг, в смеси находят по формуле 60 и 61 соответственно:

$$V_d^{CO_2} = V_0^{CO_2} = 1,65, \quad (60)$$

$$V_d^{SO_2} = V_0^{SO_2} = 0,0007, \quad (61)$$

При избытке воздуха количество водяных паров увеличивается за счет его влажности. Количество водяных паров $V_d^{H_2O}$, м³/кг, в смеси находят по формуле 62:

$$V_d^{H_2O} = V_0^{H_2O} + 0,00124 \cdot g^{с.в.} \cdot (\alpha - 1) \cdot L_0^{с.в.}, \quad (62)$$

Рассчитанное количество водяных паров в смеси представлено в формуле 63:

$$V_d^{H_2O} = 1,359 + 0,00124 \cdot 13,9 \cdot (1,3 - 1) \cdot 10,61 = 1,41, \quad (63)$$

Так же при избытке воздуха увеличивается количество азота. Количество азота $V_d^{N_2}$, м³/кг, в смеси находят по формуле 64:

$$V_d^{N_2} = V_0^{N_2} + k \cdot (\alpha - 1) \cdot V_{O_2}, \quad (64)$$

Рассчитанное количество азота в смеси представлено в формуле 65:

$$V_d^{N_2} = 8,39 + 3,76 \cdot (1,3 - 1) \cdot 2,23 = 10,91, \quad (65)$$

Так же в процессе образуется свободный кислород. Его количество в смеси $V_{O_2}^{изб}$, м³/кг, находят по формуле 66:

$$V_{O_2}^{изб} = (\alpha - 1) \cdot V_{O_2}, \quad (66)$$

Рассчитанное количество свободного кислорода в смеси представлено в формуле 67:

$$V_{O_2}^{изб} = (1,3 - 1) \cdot 2,23 = 0,669, \quad (67)$$

Общий объем продуктов горения смеси V_d м³/кг, находим по формуле 68:

$$V_d = V_d^{CO_2} + V_d^{SO_2} + V_d^{H_2O} + V_d^{N_2} + V_{O_2}^{изб}, \quad (68)$$

Рассчитанный общий объем продуктов горения смеси представлен в формуле 69:

$$V_d = 1,65 + 0,0007 + 1,41 + 10,91 + 0,669 = 14,64, \quad (69)$$

Рассчитываем состав продуктов горения.

Процентный состав оксида углерода CO_2 , %, находим по формуле 70:

$$CO_2 = \frac{V_d^{CO_2} \cdot 100}{V_d}, \quad (70)$$

Рассчитанный процентный состав оксида углерода представлен в формуле 71:

$$CO_2 = \frac{1,65 \cdot 100}{14,64} = 11,27, \quad (71)$$

Процентный состав оксида серы SO_2 , %, находим по формуле 72:

$$SO_2 = \frac{V_d^{SO_2} \cdot 100}{V_d}, \quad (72)$$

Рассчитанный процентный состав оксида серы представлен в формуле 73:

$$SO_2 = \frac{0,0007 \cdot 100}{14,64} = 0,005, \quad (73)$$

Процентный состав азота N_2 , %, находим по формуле 74:

$$N_2 = \frac{V_d^{N_2} \cdot 100}{V_d}, \quad (74)$$

Рассчитанный процентный состав азота представлен в формуле 75:

$$N_2 = \frac{10,91 \cdot 100}{14,64} = 74,52, \quad (75)$$

Процентный состав водяных паров H_2O , %, находим по формуле 76:

$$H_2O = \frac{V_d^{H_2O} \cdot 100}{V_d}, \quad (76)$$

Рассчитанный процентный состав водяных паров представлен в формуле 77:

$$H_2O = \frac{1,41 \cdot 100}{14,64} = 9,63, \quad (77)$$

Процентный состав свободного кислорода O_2 , %, находим по формуле 78:

$$O_2 = \frac{V_{O_2}^{изб} \cdot 100}{V_d}, \quad (78)$$

Рассчитанный процентный состав свободного кислорода представлен в формуле 79:

$$O_2 = \frac{0,669 \cdot 100}{14,64} = 4,57, \quad (79)$$

Полученные значения представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Материальный баланс горения жидкого предлагаемого топлива

Приход	%	Расход	м ³ /кг	%
Исходная смесь		Продукты горения:		
C	88,2	CO ₂	1,65	11,27
H	10,5	SO ₂	0,0007	0,005
O	1,1	N ₂	10,91	74,52
N	0,1	H ₂ O	1,41	9,63
S	0,1	O ₂	0,669	4,57
Всего	100		14,64	100

Материальный баланс показал, что предлагаемое топливо при сжигании полностью превращается в продукты реакции.

Выводы по 7 разделу

Стоимость инвестиций предприятия в предлагаемую технологию составят 1550000 рублей. Увеличение прибыли с продажи брикетов очищенной стружки, по сравнению с загрязненной увеличится с 742500 рублей, до 2190000 рублей (увеличение прибыли на 295 %). Все инвестиции предприятия в предлагаемое производство окупаются в первый год внедрения технологии, с последующим увеличением прибыли, по сравнению с имеющейся системой сбыта.

При этом существует возможность использования вторичного сырья выбранной технологии и внутренних процессов ремонтного производства, а

именно отработанной СОЖ, для изготовления принципиально нового котельного топлива.

Так же предлагаемое котельное топливо возможно к использованию в любой разновидности котельной, в которой используется жидкое котельное топливо.

Потенциальным потребителем получаемых брикетов являются сталеплавильные предприятия России. Такие как металлургический завод «Петросталь» в городе Санкт-Петербург, Надеждинский металлургический завод в Свердловской области и другие.

Расчет материального баланса котельного топлива показал, что исходная смесь полностью превращается в продукты реакции. Следовательно, при сжигании предлагаемого топлива не образуется тяжелых остатков, нуждающихся в дополнительной утилизации.

Заключение

В рамках работы решены все поставленные задачи.

В ходе исследования экологической опасности и технологических проблем накопления и транспортировки загрязненной стружки, было установлено, что разливается и испаряется около 50 % масляных загрязнений. Так же по данным специалистов на данный момент около 8 миллионов тонн сильно окисленной стружки хранится на полигонах, загрязняя окружающую среду.

При дальнейшем анализе почвы с площадки хранения металлолома была выявлена средняя степень загрязнения, а именно 2068 мг/дм³. Следовательно, существующий метод накопления отходов существенно влияет на окружающую среду и требует внедрения иных способов хранения или очистки сырья.

При анализе существующих методов очистки стружки выявлена их малая технологическая эффективность. Все имеющиеся методы не способны качественно очистить стружку от масляных загрязнений. В следствии этого снижается качество производимых деталей из вторичного металла (показатель качества может снижаться более чем на 50 %).

Предприятие ПАО «КуйбышевАзот» не имеет станций по очистке загрязненной стружки и реализации отработанной СОЖ. Все вторичное сырье вывозится на сторонние предприятия на переработку и сжигание. Данные меры являются нерентабельными, так как средства затрачиваются не только на закупку сырья, но и на транспортировку загрязненных отходов на сторонние предприятия по переработке, без извлечения выгоды.

Предложенная комплексная технология очистки загрязненной стружки от масляных загрязнений с последующим получением котельного топлива из отходов производства способна повысить спрос на вторичное сырье и его рынок, за счет их реализации. Оборудование для осуществления процесса очистки металлической стружки подобрано с учетом оптимального

соотношения энергетических и экономических затрат, что подтверждает выполняемость и рентабельность предлагаемой технологии.

Технология получения котельного топлива способна повысить продуктивность затрачиваемых ресурсов предприятия в процессах металлообработки, за счет возврата вторичного сырья производства (растворитель и отработанная СОЖ) в технологический цикл. Предлагаемая технология получения котельного топлива, компонентом которого является отработанная смазочно-охлаждающая жидкость, не имеет аналогов.

Практическое изучение эксплуатационных свойств (плотность, расслаивание, температура застывания, температур вспышки в закрытом тигле, коксуемость по методу Конрадсона и механические примеси) предлагаемого топлива дало положительные результаты. Полученные результаты не только удовлетворяли значения ГОСТа, но и в несколько раз их превосходили (максимальная зафиксированная температура застывания на 38 % превосходит лучший показатель по ГОСТу).

Стоимость инвестиций предприятия в предлагаемую технологию составят 1550000 рублей. Увеличение прибыли с продажи брикетов очищенной стружки, по сравнению с загрязненной увеличится с 742500 рублей, до 2190000 рублей (увеличение прибыли на 295 %). Все инвестиции предприятия в предлагаемое производство окупаются в первый год внедрения технологии, с последующим увеличением прибыли, по сравнению с имеющейся системой сбыта.

Рассчитан материальный баланс горения многокомпонентного жидкого топлива. Исходные вещества полностью переходят в продукты реакции.

Предложенная технология практически значима и имеет экономическую эффективность в производстве.

Список используемых источников

1. Багдасаров А.С. Экология и эффективное направление утилизации промышленных отходов // Материалы и технология XXI века: Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции. Ч. III. Пенза: Приволжский дом знаний, 2001. – С. 87 - 88.
2. Бердичевский Е.Г. Смазочно-охлаждающие средства для обработки материалов. М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
3. Бокучава Г.В. Трибология процесса шлифования. Тбилиси: Сабчото Сакартвело, 1984. – 240 с.
4. Булыжев Е.М. Кассетные магнитные сепараторы для очистки смазочно-охлаждающих жидкостей // Вестник машиностроения. 2001. – № 9. – С. 24 - 28.
5. Булыжев Е.М. Кассетные магнитные сепараторы для очистки смазочно-охлаждающих жидкостей // Производство. Технология. Экология. ПРОТЭК--2000: Труды международного конгресса. М.: Московский госуд. техн. ун-т «Станкин», 2000. – 49 с.
6. Булыжев Е.М. Шлифование с очисткой СОЖ от механических примесей в электромагнитных сепараторах / Е.М. Булыжев, В.Е. Сазанов // Ульяновск: Ульян, политехи, ин-т, 1986. – 36 с.
7. Булыжев Е.М. Ресурсосберегающее применение технологических жидкостей в машиностроении / Е.М. Булыжев, В.Г. Ромашкин // Вестник машиностроения. 1998. – № 2. – С. 26 – 30.
8. Вайсберг Л.А. и др. Новые технологии переработки бытовых и промышленных отходов, «Вторичные ресурсы», №5, 2001. – С. 45 - 51.
9. Власов С.Н. Централизованная система подачи охлаждающей жидкости к шлифовальным станкам / С.Н. Власов, Ю.К. Кузьминых // Вестник машиностроения. 1957. - № 7. – С. 59 - 62.

10. Воликов А.Н. Водно-мазутные эмульсии эффективное топливо для отопительных котельных / А.Н. Воликов, А.К. Абрамов // Водоснабжение и санитарная техника. 1983. – №10. – С. 21 - 29.
11. Волковыский Е.Г. Экономия топлива в котельных установках/ Е.Г. Волковыский, А. Г. Шустер. - М.: «Энергия», 1973. – 304 с.
12. Гирусов Э.В. Экология и экономика природопользования / Э.В. Гирусов, С.Н. Бобылев, А.Л. Новоселов. М. : ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
13. ГОСТ 33-2016 Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости – Введ. 2018-07-01. – М : Изд-во стандартов, 2016. – 21 с.
14. ГОСТ 3900-85 Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности – Введ. 1987-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 19 с.
15. ГОСТ 6243-75 Эмульсолы и пасты. Методы испытаний – Введ. 1976-07-01. – М : Изд-во стандартов, 1975. – 14 с.
16. ГОСТ 8-82 Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность – Введ. 1983-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 20 с.
17. ГОСТ 2787-75 Металлы черные вторичные. Общие технические условия – Введ. 1977-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 2002 – 11 с.
18. ГОСТ 10585-99 Топливо нефтяное. Мазут. Технические условия – Введ. 2001-01-01. – Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов , 2017 – 25 с.
19. ГОСТ 6356-75 Нефтепродукты. Метод определения температуры вспышки в закрытом тигле – Введ. 1977-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1977. – 5 с.
20. Демидик В.Н. Экология и ресурсосбережение в литейном производстве / Демидик В.Н. // Экология и ресурсосбережение. 2001. - №6.1. – С. 57 - 61.

21. Дубинская Ф.Е. Экологические аспекты плавки черных и цветных металлов / Дубинская Ф.Е. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 1999. - №6. – С.17 - 20.
22. Дьяконов О.М. Комплексная переработка стружки и металлосодержащих шламов / О.М. Дьяконов // Минск: Технология, 2012. – 262 с.
23. Евсеев А.Н. Контроль свойств СОЖ на водной основе на этапе их приготовления и эксплуатации / А.Н. Евсеев, И.П. Игнатенко, А.П. Троицкая // Смазочно – охлаждающие жидкости в процессах абразивной обработки. Саратов: Сарат. госуд. ун – т, 1986. – С. 59 - 62.
24. Евсеев А.Н. Система автоматизированного контроля состояния СОЖ / А.Н. Евсеев, А.Р. Гисметулин, А.Л. Семенов // Смазочно – охлаждающие технологические средства в процессах обработки заготовок резанием. Ульяновск: Ульян. госуд. ун – т, 1996. – С. 70 - 75.
25. Ефимов В.В. Модель процесса шлифования с применением СОЖ. — Саратов: Сарат. госуд. ун – т, 1992. – 132 с.
26. Захарьина С.Б. Метод увеличения срока службы масляных эмульсий, применяемых на металлорежущих станках / С. Б. Захарьина, С.М. Юдин // ЦНТИ Химнефтемаш, 1973. Серия ХМ9. № 24. – С. 26 - 29.
27. Карабанов Р.И. Биологическое исследование водных эмульсий, применяемых при резании металлов / Р.И. Карабанов, В.Н. Латышев // Вопросы обработки металлов резанием. Иваново: Ивано-Вознесенский политех и ин-т, 1975. – С. 51 - 54.
28. Карабанов Р.И. Изменение физико-химических свойств водных эмульсий в процессе их эксплуатации / Р.И. Карабанов, В.Н. Латышев // Физико-химическая механика процесса резания. Иваново: Ивано-Вознесенский политех и ин-т, 1976. – С. 15 - 19.
29. Карев Е.А. Замкнутые малоотходные системы применения СОЖ при механической обработке заготовок / Е.А. Карев, В.Д. Бычков, В.Т.

Письменко // Ресурсосберегающая технология машиностроения. М. : МГААТМ, 1993. – С. 107 - 109.

30. Карев Е.А. Повышение эффективности удаления посторонних масел из СОЖ при механической обработке заготовок / Е.А. Карев, Ю.В. Псигин, С.В. Кондратьев // Ресурсосберегающая технология машиностроения. М.: МГААТМ, 1995. - С. 145 - 151.

31. Клушин М.И. Состояние разработки вопроса теории действия смазочно-охлаждающе-моющих технологических средств в процессах обработки металлов резанием. Горький: Горьковский политех. ин-т, 1975. – 79 с.

32. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии [Электронный ресурс]. – 2005. – URL: https://standartgost.ru/g/%D0%9F%D0%9D%D0%94_%D0%A4_16.1:2.2.22-98 (дата обращения 09.09.2019).

33. Конаков С.П. Использование вторичных материалов предприятий промышленного региона / Конаков С.П. // Материаловедение. 2001. -№1. – С. 52 - 56.

34. Коробочка А.Н. Очистка технологических сред при обработке металлов резанием / А.Н. Коробочка, А.М. Тихонцов, Е.А. Брылев. Воронеж: Воронежский госуд. ун-т, 1992. - 127 с.

35. Котляров Г.Г. Влияние эффективности очистки СОЖ на обработку металлов резанием / Г.Г. Котляров, В.Е. Зайцев // Вестник машиностроения. 1974. – № 8. – С. 70 - 71.

36. Ласкорин Б.Н. Безотходная технология в промышленности / Б.Н. Ласкорин, Б.В. Громов, А.П. Цыганков, В. Н. Сенин // М.: Стройиздат, 1986. – С. 109 - 158.

37. Мазур И.И. Инженерная экология / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов, В. Н. Шишов // Т. 1. М. : Высшая школа, 1996. – С. 187 - 189.

38. Морозова Л.П. Влияние «иностранного» масла на свойства эмульсионных СОЖ / Л.П. Морозова, А.К. Маскаев, Е.В. Лебедев // Химия и технология топлива и масел. 1978. - № 9. – С. 30 - 32.
39. Найдено В.В. Экология промышленного предприятия / В.В. Найдено, Л.Н. Губанов, Н.Г. Соколов // Н.Новгород: ННГАСУ, 2005. – 180 с.
40. Никулин Ф.Е. Утилизация и очистка промышленных отходов. - Л.: Судостроение, 1980. – С. 12 - 30.
41. Пат. 2521165, Россия. Способ очистки от масла замасленной стальной стружки и окалины шламов прокатного производства/ Г.А. Фарнасов, В.И. Ковалев, И.Ф. Курунов, А.М. Бижанов. 2014.
42. Пат. 2008990, Россия. Способ очистки сыпучего материала от масел/ В.В. Воробьев, Ю.В. Захаров, Н.С. Овсов, В.М. Федотов. 1994.
43. Пат. 91573, Россия. Аппарат для очистки стружки от масел/ В.Н. Махлай, С.В. Афанасьев, О.С. Рощенко, С.А. Сайкин. 2010.
44. Пат. 2371471, Россия. Способ получения бензино-водно-спиртовой эмульсии/ А.Т. Гильмутдинов, С.А. Митькина. 2007.
45. Пат. 2411287, Россия. Топливная композиция и способ ее получения/ С. П. Ковалёв. 2010.
46. Пат. 2459862, Россия. Способ приготовления дисперсной водотопливной смеси и котельная установка с системами приготовления и сжигания указанной смеси/ А.В. Кирилина, Н. Н. Кузина, Г. Б. Сенилов, И.Н. Шмиголь. 2011.
47. Полянский Ю.В. Системы очистки СОЖ от механических примесей / Ю.В. Полянский, Е.М. Булыжев, Е.А. Карев // Технология производства, научная организация труда и управления. Машиностроение. М. : НИИМАШ, 1976. – С. 48 - 55.
48. Полянский Ю.В. Многоступенчатая централизованная система очистки СОЖ / Ю.В. Полянский, Е.М. Булыжев, Г.К. Рябов //

Информационный листок № 86 – 16. Ульяновск: Центр научно-технической информации, 1986. – 4 с.

49. Полянсков Ю.В. Методы оценки качества очистки СОЖ / Ю.В. Полянсков, Е.А. Карев, Е.М. Булыжев // Станки и инструмент. 1976. – № 10. – С. 30 - 32.

50. Потапов В.В. Горячее брикетирование чугунной стружки с высоким содержанием охлаждающей эмульсии / В.В. Потапов // Экология производства. - 2006. — №1 – С. 13 - 14.

51. Потапов В.В. Изготовление чугунных брикетов методом горячего прессования / В.В. Потапов и др. // Рынок вторичных металлов. - 2005. – №6 – С. 30 - 31.

52. Потапов В.В. Исследование процессов брикетирования металлической стружки, загрязненной остатками смазочно-охлаждающей жидкости. / В.В. Потапов, В.А. Филин // Интеграционные процессы в развитии химии, экологии, экономики и образования сегодня: Труды I межвуз. науч. - практич. конф. преподавателей, вузов, ученых, специалистов. — Н.Новгород: Университетская книга, 2006. – С.139 - 144.

53. Потапов В.В. Новое в переработке металлических отходов / В.В. Потапов, А.Г. Баранцев, С.Д. Цимбалов // Аллюминий Сибири — 2006: сб. докл. 12 - й междунар. конф. - Красноярск, 2006. – С.277 - 280.

54. Потапов В.В. Способ получения чугунов из чугунных стружек с высоким содержанием СОЖ / В.В. Потапов // Оборудование: технич. альманах. — 2006, — №5 – С. 30 - 33.

55. Приймак А.Н. // Теория резания, смазки и обрабатываемости металлов. Чебоксары: Изд-во Чувашского Гос. ун - та, 1981. – С. 23 - 29.

56. Равич Б.М. Комплексное использование сырья и отходов / Б. М. Равич, В. П. Окладников, В.Н. Лыгач // М.: Химия, 1988. – 75 с.

57. Равич-Щербо М.И. Физическая и коллоидная химия / М.И. Равич-Щербо, В.В. Новиков. М. : Высшая школа, 1975. – 255 с.

58. Семенов В.Н. Установка для экологически чистой переработки бытовых и промышленных отходов / В.Н. Семенов // Экономика и производство. Технологии. Оборудование. Материалы. 2000. - №1 – 3. – С. 53 – 55.
59. Темненко В.П. Химия, технология и применение смазочных материалов. Киев : Наукова Думка, 1979. – С. 65 - 73.
60. Технологические аспекты очистки металлической стружки от СОЖ [Электронный ресурс]. – 2019. – URL: <https://chemtech.ru/tehnologicheskie-aspekty-ochistki-metallicheskoj-struzhki-ot-sozh/> (дата обращения 12.10.2019).
61. Тихонцов А.М. Комплексные системы отбора, отделения и очистки СОЖ / А.М. Тихонцов, И.М. Баранов // Вестник машиностроения. 1980. – № 5. – С. 60 - 64.
62. Филиппов В.И. Термические способы обработки и уничтожения жидких горючих отходов промышленных предприятий. М.: Стойиздат, 1976. – 35 с.
63. Хмельницкий А.Г. Использование вторичных материальных ресурсов в качестве сырья для промышленности // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки: Аналит. обзоры. Новосибирск, 1995. – 43 с.
64. Худобин Л.В. Влияние загрязнения СОЖ отходами шлифования на прижогообразование / Л.В. Худобин, Е.П. Гульнов // Вестник машиностроения. 1978. -№ 1. – С. 67 - 69.
65. Худобин Л.В. Смазочно-охлаждающие средства, применяемые при шлифовании. — М.: Машиностроение, 1971. – 214 с.
66. Худобин Л.В. Ресурсосберегающее фильтрование СОЖ при механической обработке / Л. В. Худобин, Е.М. Булыжев, В.В. Богданов // Вестник машиностроения. 1988. – № 7. – С. 38 - 42.
67. Шаповал Б.С. СОЖ для финишной обработки металлов / Б.С. Шаповал, Ф.Ф. Гладкий. Киев: Знание, 1990. – 16 с.

68. Школьников В.М. Топливо, смазочные материалы и технологические жидкости. Москва «Высшая школа», 1998. – 35 с.
69. Ютушин М.И. Технологические свойства новых СОЖ для обработки резанием. М. : Машиностроение, 1979. – 192 с.
70. Ab Rahim S.N. A Review on Recycling Aluminum Chips by Hot Extrusion Process / S. N. Ab Rahim, M. A. Lajis, S. Ariffin // 12th Global Conf. on Sustainable Manufacturing. Procedia CIRP. – 2015. – Vol. 26. – P. 761 - 766.
71. Abd El-Aziz. Development of sustainable water treatment technology using scientifically based calculated indexes of source water quality indicators / El-Aziz Abd, S. Fouda, M. A. Diabb and Doaa A. Badawya // International Research Journal of Pure & Applied Chemistry. - Egypt, 2015. – P. 81 - 95.
72. Alinnor J. The improvement of low-waste technologies of working body of water preparation at thermal and nuclear power plants // American Chemical Science Journal. - Nigeria, 2012. – P. 122 - 135.
73. Camp T. R. Sedimentation and the design of settling tanks // Trans. Amer. Soc. Civ. Engrs. 1996. – Vol. 11. – 695 p.
74. Chakravarthy M. P. Ways to Develop Low-Waste Technology for Purification of Wastewater Containing Heavy Metal Compounds / M. P. Chakravarthy, K. N. Mohana, C. B. Pradeep Kumar and A. M. Badiea// American Chemical Science Journal. - Mysore, 2015. – P. 1 - 16.
75. Clements M.S. Velocity variations in rectangular sedimentation tanks // J. Inst. Civ. 1999. – Vol. I. – 324 p.
76. Dick, R. I. Gravity thickening of sewage studies // Wat. Pollut. Control. 1992. – Vol. 71. – 368 p.
77. Ekemini I. Current Status of the Application of Ionizing Radiation to Environmental Protection: I. Ionizing Radiation Sources, Natural and Drinking Water Purification / I. Ekemini, A. Onyewuchi, J. Abosedo // Chemical Science International Journal. - Nigeria, 2017. – P. 1 - 34.
78. Hamlin M.J. Sedimentation studies / M.J. Hamlin, T.H.Y. Tebbutt // Surveyor. 1990. – Vol. 135(4065). – 42 p.

79. Hazen A. On sedimentation // Trans. Amer. Soc. Civ. Engrs. 1904. – Vol. 53. – 45 p.
80. Kane E.L. How to prolong cutting tool life // Plant Engineering. 1972. – № 25. – P. 114 - 116.
81. Lurs J.A. Grease production survey report for the calendar years 1998, 1997, 1996 and 1995 National Lubricating Grease Institute, June 5. - 1999. – 18 p.
82. March R.P. An investigation into the performance of a full-scale sedimentation tank / R.P. March, M.J. Hamlin // J. Proc. Inst. Sew. Purff. 1996. – Vol. 2. – 118 p.
83. Morris F.T. Centralized coolant systems // Mass Production. 1995. -7. – P. 35 - 39.
84. Rhodes A.K. New lubes plants use state of the art hydrodevwaxing technology // Oil und Gas Journal. 1997. – No 35. – P. 63 - 70.
85. Rossmore H.W. Extending cutting fluid life // Manufacturing Engineering. 1975, 11, 75. – № 5. – P. 27 - 28.
86. Shamsudin S. Evolutionary in Solid State Recycling Techniques of Aluminium: A review / S. Shamsudin, M. Lajis, Z. W. .Zhong // Procedia CIRP. – 2016. – Vol. 40. – P. 256 - 261.
87. Tebbutt T.H.Y. The performance of circular sedimentation tanks // Wat. Pollut. Control. 1999. – Vol. 68. – 467 p.
88. Wahab A.H.A. An investigation into the hydraulic characteristics of model rectangular sedimentation tanks // M. Sc. Thesis. Birmingham Univ. - 1989.-Vol. 12. – 542 p.
89. Wan B. Review of solid state recycling of aluminum chips / B.Wan, W. Chen, T. Lu, F. Liu // Resources, Conservation and Recycling. – 2017. – Vol. 125. – P. 37 - 47.
90. Zelinski P. Keep your coolant in circulation // Mod. Mach. Shop. 1998. – № 12. – P. 96 - 98.