

Реферат

Бакалаврская работа содержит 108 страниц, 28 таблиц, 14 рисунков, 43 источника, 3 приложения.

Ключевые слова: прямоугонный бензин, октановое число, эксплуатационные характеристики, антидетонационная стойкость, октаноповышающие добавки.

Объектом исследования являются прямоугонные бензиновые дистилляты различных НПЗ.

Целью данной работы является модификация эксплуатационных свойств бензинов.

В результате эксперимента изучены эксплуатационные свойства прямоугольных бензинов, выбраны добавки, повышающие октановое число бензина, составлены рецептуры смешения бензинов с присадками, подобраны методы и выбраны формулы, приемлемые для расчета октанового числа бензинов.

Область применения: промышленные предприятия нефтехимической отрасли, отдельные исследования и разработки высокооктановых добавок и рецептур смешения.

В будущем планируется расширить число объектов исследования, модифицировать адекватные формулы, вывести универсальную формулу для прогнозирования октанового числа.

Содержание

Введение	3
1 Эксплуатационные свойства бензинов, методы их модификации и моделирования	4
2 Постановка задачи исследования	20
3 Экспериментальная часть	21
4 Результаты и обсуждения	40
4.1 Проектирование смесителя бензиновых композиций.....	47
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	62
6 Социальная ответственность	81
Заключение.....	98
Список литературы.....	99
Приложение А	103
Приложение Б.....	104
Приложение В	106

Введение

Бензинами называют жидкие нефтяные топлива, которые предназначены для использования в поршневых двигателях внутреннего сгорания с принудительным зажиганием (свечи). Классифицируют их в зависимости от назначения на автомобильные и авиационные. Несмотря на различия в условиях применения автомобильные и авиационные бензины характеризуются в основном общими показателями качества, определяющими их физико-химические и эксплуатационные свойства. Автомобильные бензины являются фракцией нефти, выкипающей в пределах температур 30 - 180°C и представляют собой смесь различных компонентов, получаемых разными технологическими процессами нефтепереработки.

Бензины могут включать в себя базовый бензин, высокооктановый компонент (ВОК), антидетонационные присадки и добавки, а также присадки, улучшающие другие эксплуатационные свойства.

Важным показателем качества бензина является его детонационная стойкость, которая характеризуется октановым числом. Октановое число в лабораторных условиях определяется на установке с одноцилиндровым двигателем, что является достаточно длительным и трудоемким процессом. Таким образом, существует необходимость в достаточно точных расчетных методах определения октанового числа. Зачастую на практике расчетное октановое число находят по правилу аддитивности, но, с другой стороны, не всегда вклад индивидуального вещества в суммарное октановое число соответствует октановому числу каждой составляющей топлива, а сведения, которые приводят в литературе весьма противоречивы. Также трудности прогнозирования октанового числа товарных бензинов возникают из-за значительных отклонений детонационной стойкости композиций от расчетных значений. Следовательно, исследования, направленные на изучение октановых чисел смешения, а также на разработку оптимального соотношения компонентов в товарном бензине, являются актуальными.

1 Эксплуатационные свойства бензинов, методы их модификации и моделирования

1) Эксплуатационные свойства бензинов.

В последние годы, вопросы качества и использования автомобильных топлив приобрели совершенно новый смысл и встали на один уровень с наиболее важными проблемами, от решения которых зависит технический прогресс и экономическое развитие. В настоящее время требования к качеству автомобильных бензинов очень высоки, и для новых двигателей нужно разрабатывать новые виды бензинов с улучшенными характеристиками.

Эксплуатационными называют свойства, которые проявляются при использовании механизмов, где применяются нефтепродукты. К ним можно отнести химический и углеводородный состав, детонационную стойкость, испаряемость, вязкость и плотность.

Химический и углеводородный состав

Химический состав бензина характеризуется групповым углеводородным составом, то есть содержанием в нем ароматических, олефиновых, нафтеновых и парафиновых углеводородов. Более того помимо углеводородов в бензине в незначительных количествах содержатся гетероатомные соединения, которые имеют в своем составе серу, кислород и азот. Они попадают в бензин из переработанной нефти и кислородные соединения образуются при окислении углеводородов при хранении бензина.

Ограничения по химическому и углеводородному составу автомобильных бензинов:

Содержание серы - повышенное содержание соединений серы в бензине увеличивает нагарообразование и износ двигателя, старение моторного масла, а также оказывает существенное влияние на загрязнение окружающей среды, как непосредственно - выбросы оксидов серы и твердых частиц, а также косвенно - снижение эффективности каталитического нейтрализатора выхлопных газов.

Содержание ароматических углеводородов, главным образом бензола - увеличение содержания ароматических соединений в бензине, как правило,

приводит к соответствующему увеличению их выбросов несгоревших углеводородов. Одним из установленных последствий увеличения содержания ароматических углеводородов в бензине является увеличение выбросов бензола в окружающую среду.

Снизить содержание бензола в производимых автобензинах можно следующими способами:

1. Вырезать из бензинов каталитического риформинга фракции с температурами кипения от 60 до 85 °С, содержащие более 20% бензола, а затем использовать его для производства бензола. В этом случае содержание бензола в товарном бензине, уменьшается почти в три раза, а октановое число бензина риформинга после отделения фракции 60-85 °С увеличивается на 1 и 1,5 единицы [1].

2. Увеличить долю компонентов в составе товарных бензинов, не содержащих бензол: алкилата, изомеризата, кислородсодержащих соединений (спирты, эфиры и т.д.), а также использовать нетоксичные антидетанационные присадки.

3. Выбрать сырье и процесс уменьшения жесткости риформинга, экстракции и селективного гидрирования бензола до циклогексана, или алкилирование бензола в алкилароматические соединения.

Возможно сочетание нескольких вариантов, основываясь на характеристиках завода, наличии сырья, переработки и интеграции концепции химического производства.

Общее содержание ароматических углеводородов контролируется во время квалификационных испытаний, и не должен превышать 55% об.

Содержание олефиновых углеводородов

Максимальное содержание олефиновых углеводородов в товарном бензине не должно превышать 18%, так как они являются основным источником для формирования смолистых соединений в бензине.

Увеличение содержания олефиновых углеводородов также влияет на рост эмиссии в окружающую среду озonoобразующих веществ и токсичных

диеновых веществ вместе с выхлопными газами. Содержание оксигенатов (общее по содержанию кислорода и некоторых спиртов и этилового эфира) - кислородсодержащие соединения имеют высокую детонационную стойкость, что позволяет ими заменять ароматические углеводороды, к тому же они помогают снизить выбросы выхлопных газов транспортных средств. Тем не менее, когда содержание кислородсодержащих соединений в бензине более чем 2,7% по массе кислорода, то происходит увеличения расхода топлива за счет низкой теплоты сгорания кислородсодержащих соединений, а также потери мощности двигателя транспортного средства. Поэтому из экологических предпосылок бензина следует, что содержание кислородсодержащих соединений должно быть не более 2,0 - 2,7% [2]. В бензиновых спецификациях также введены стандарты для максимального содержания отдельных оксигенатов.

Испаряемость

ДНП (давление насыщенных паров) – это один из показателей испаряемости моторных топлив. С испаряемостью бензина связаны многие характеристики двигателя, например, пуск при низких температурах, вероятность возникновения паровых пробок в топливной системе в летнее время, приемистость автомобиля, скорость прогрева двигателя, а также износ цилиндра-поршневой системы и расход топлива.

Содержание тяжелых бензиновых фракций ограничивают, так как в определенных условиях эксплуатации, они не могут полностью испариться и могут попасть в цилиндры двигателя в жидком состоянии. Топливо смывает масляную пленку в цилиндрах, из-за чего износ двигателя возрастает, разжижается масло и увеличивается расход топлива.

В спецификациях для бензина накладывают ограничения на давление насыщенных паров, в зависимости от климатических условий. Эта физическая характеристика топлива рассматривается как фактор, влияющий на надежность топливной системы, а также потерь от испарения, загрязняющие атмосферу во время хранения, транспортировки и использования бензина.

Испаряемость топлива влияет на выбросы транспортных средств, и это влияние особенно заметно при эксплуатации автомобиля в холодной и жаркой погоде.

В холодную погоду, низкая испаряемость увеличивает продолжительность пуска двигателя, а так как воздушно-топливная смесь чрезвычайно обогащена, то выброс несгоревших углеводородов очень высок. Во время прогрева двигателя отсутствие испарения бензина приводит к обеднению смеси в начале ускорения, и, если транспортное средство устанавливается в режиме, близкому к пределу истощению, могут быть проблемы с приемистостью в связи с чередованием периодов, когда топливно-воздушной смеси находится за пределами диапазона воспламенения. В такие периоды, возрастают выбросы несгоревших углеводородов и окиси углерода. Для транспортных средств, имеющих ручное управление воздушной заслонкой, проблемы приемистости могут быть смягчены путем дросселирования в течение длительного времени, но это приводит к дальнейшему обогащению смеси и, следовательно, к увеличению выбросов несгоревших углеводородов и окиси углерода.

В жаркую погоду, основной проблемой является образование паровых пробок в результате испарения бензина в топливном насосе и трубопроводах подачи топлива, который ограничивает подачу топлива в двигатель. Это приводит к обеднению смеси и ухудшению приемистости, или, в экстремальных условиях, к остановке двигателя. На автомобилях с карбюраторными двигателями, высокая испаряемость может также привести к кипению топлива в поплавковой камере, таким образом, в цилиндры попадает очень богатая топливно-воздушной смесь и, как следствие, происходит увеличение выбросов окиси углерода и несгоревших углеводородов.

Вязкость

Очень важным свойством является вязкость бензинов, так как от нее зависит скорость поступления топлива к двигателю по топливопроводу и в меньшей степени на его распыление в карбюраторе. Существует динамическая

и кинематическая вязкость. Единицей измерения динамической вязкость является Пуаз, а кинематической – Стокс ($\text{см}^2/\text{с}$).

Вязкость бензина зависит от его химического и фракционного состава. С увеличением содержания ароматических и нафтеновых углеводородов и утяжеления фракционного состава топлива вязкость увеличивается. В настоящее время, вязкость моторного бензина в спецификациях не стандартизирована. Вязкость бензина зависит от температуры, при которой он находится. При снижении температуры и увеличении давления вязкость бензина повышается. Для определения вязкости используют устройства, которые называются вискозиметры

Плотность

Плотность топлива влияет на протекание процессов смесеобразования, если плотность бензина будет низка, то поплавков карбюратора утонет и бензин вытечет из распылителя, перебогатив смесь. Значения плотности для различных групп углеводородов отличаются, поэтому по ней можно ориентировочно судить и об углеводородном составе бензина. Например, если две фракции имеют одинаковые температуры начала и конца кипения, то наименьшую плотность имеет та, которая состоит из парафиновых углеводородов, и наибольшую, которая содержит в основном ароматические углеводороды.

Плотность определяют через измерение массы единицы объема топлива. В спецификациях на автобензины плотность нормировалась при температуре 20°C , а в настоящее время осуществлен переход на нормирование при температуре 15°C [2]. Быстрее всего плотность бензина можно определить с помощью ареометра; точнее и удобнее — бикапиллярным пикнометром

Детонационная стойкость

Октановое число (ОЧ) – условный показатель, характеризующий способность топлива обеспечивать бездетонационную работу двигателей с принудительным воспламенением. Октановое число численно равно процентному содержанию изооктана в эталонной смеси с н-гептаном, которая

по детонационной стойкости в условиях стандартного одноцилиндрового двигателя эквивалента испытываемому топливу. Испытания протекают в двух режимах: жестком (частота вращения коленчатого вала 900 об/мин) и мягком (600 об/мин) [3]. Получают соответственно моторное и исследовательское октановые числа (ОЧМ и ОЧИ).

Повысив детонационную стойкость бензина, можно уменьшить вероятность самопроизвольного воспламенения рабочей смеси. Источниками воспламенения могут быть перегретые выпускные клапаны, свечи, кромки прокладок, тлеющие частицы нагара и так далее. Это явление, которое приводит к нарушению нормального процесса горения, называется калильное зажигание. Наиболее опасно преждевременное воспламенение (до подачи искры), так как оно приводит к снижению мощности, энергетической эффективности, повышению риска детонации. Вероятность преждевременного воспламенения топлива зависит от склонности к образованию углеродистых отложений в камере сгорания, и свойства полученного нагара. При сгорании бензина, содержащего металлоорганические антидетонаторы и большое количество ароматических углеводородов, вероятность появления калильного зажигания и преждевременного воспламенения очень высока.

Октановое число – важнейший показатель качества бензинов, зависящий от природы нефтепродукта, строения углеводородов, фракционного состава, химической и физической стабильности, содержания серы и др., поэтому в данной работе был сделан упор на его модификацию.

2) Методы модификации эксплуатационных свойств бензинов.

Развитие производства бензинов в первую очередь связано со стремлением улучшить основное эксплуатационное свойство топлива – детонационную стойкость бензина, оцениваемую октановым числом и снизить себестоимость его получения. В основном, товарные бензины получают за счёт компаундирования (смешения) нескольких компонентов, присадок и добавок, но также известны методы повышения октанового числа без использования добавок.

Метод электрофизической модификации прямогонных бензинов

В основу технологии положен разработанный украинскими учёными метод электрофизической модификации прямогонных бензинов, в результате которого происходит существенное повышение октанового числа прямогонных бензинов без применения корректирующих добавок. В основу разработанной технологии положен способ повышения октанового числа прямогонных бензинов за счёт образования в них под воздействием фотохимического окисления и комплекса электрофизических воздействий кислородсодержащих составляющих. Образующиеся в результате протекающих физико – химических реакций свободные радикалы реагируют с находящимися в бензине алканами и обеспечивают цепную реакцию окисления углеводородов. Синтезируемые в результате протекающих реакций кислородсодержащие соединения (10 – 10,5%) обеспечивают увеличение октанового числа бензина на 10 – 17 единиц [4].

Метод повышения октанового числа введением оксигенатов.

Оксигенатами называют кислородсодержащие компоненты топлива, например, спирты и простые эфиры. Чаще всего в качестве оксигенатов используются бензин-метанол, этанол, трет-бутил и втор-бутиловый спирт, метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), диизопропиловый эфир, метил третамилловый эфир (МТАЕ), этилтрембутиловый эфир (ЭТБЭ) и пр. К основным характеристикам кислородсодержащих соединений можно отнести: высокое октановое число смешения, низкую летучестью и низкую фотохимическую активность.

Основное применение кислородсодержащих соединений, применяемых в России, в качестве моторных компонентов бензина в низких концентрациях (3-15% об.) И содержание кислорода в топливе не должно превышать 2,7%. Их применяют, чтобы сократить потребление нефти на производство бензина и снизить требования к традиционным углеводородным компонентам октанового топлива.

Одними из первых из кислородсодержащих соединений, которые были исследованы, являются спирты, поскольку они дешевые и малотоннажные продукты. Октановое число спиртов зависит от длины углеводородного радикала (возрастает с уменьшением длины).

Эфиры в качестве добавок являются более перспективными, чем спирты. Их октановые числа смешения немного ниже, чем у метилового и этилового спирта, но в то же время это компенсируется другими преимуществами, такими как низкая токсичность, хорошая совместимость с топливом, гидролитическая стабильность и высокая коррозионная стойкостью [3].

Основным оксигенатом в нашей стране и за рубежом с точки зрения применения является МТБЭ. Он также является единственным эфиром, разрешенным к применению в России в качестве компонента автомобильного бензина [4].

Общим недостатком кислородсодержащих добавок к бензину является опасность увеличения количества отложений в системе впуска двигателя, и они имеют более низкие противоизносные свойства. Из-за ряда недостатков в содержании бензина кислородсодержащих соединений ограничено и, например, для МТВЕ равно 15% [5].

В настоящее время существует огромное количество работ, посвященных развитию композиций смешения на основе кислородсодержащих соединений в качестве октановой присадки к автомобильному бензину [5].

Антидетонационные добавки – химические вещества, которые разрушают пероксиды, сформированные на этапе предпламенной сжигания топлива и вызывают детонацию [4].

Основной альтернативой добавок являются высокооктановые добавки на основе: ароматических аминов, ферроцена и его производных, карбонильных соединений марганца [5].

Сейчас наибольший интерес представляют добавки на основе N-метиланилина. Добавки на основе других аминов в России не применяются, хотя они также имеют относительно высокое ОЧ. Недостатком ароматических

аминов является повышенная склонность к образованию смол, поэтому их концентрации в бензине ограничивают до 0,8-1,0%. Основным преимуществом аминов является то, что они хорошо сочетаются с другими типами добавок. Из-за этого свойства аминов разработано большое количество антидетонационных добавок на их основе [4].

Таким образом, концентрации антидетонационных добавок в бензине по различным причинам ограничены, следовательно, ограничен и прирост октанового числа. Кроме того, зависимость увеличения октанового числа от концентрации антидетонаторов нелинейна, и для каждой добавки имеет максимальную концентрацию, увеличение которой не имеет смысла.

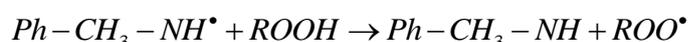
Использование смесей добавок позволяет увеличить суммарный антидетонационный эффект. В некоторых случаях возникает несовместимость, и (антагонизм) добавок: суммарный антидетонационный эффект на деле оказывается меньше, чем ожидалось.

Можно сделать вывод, что в настоящее время использование октаноповышающих добавок в производстве бензинов актуально, так как объемы производства высокооктановых бензиновых фракций еще пока недостаточны.

Механизм действия антидетонационных присадок

Антидетонаторы предотвращают взрывное разложение продуктов предпламенного окисления топлива, которое происходит до начала нормального горения топливной смеси. Когда топливная смесь сжимается, то в камере сгорания развивается высокая температура, происходит окисление углеводородов и образуется большое количество пероксидов. Так как пероксиды химически неустойчивы, то происходит их разложение со взрывом. Пероксиды разрушаются антидетонаторами и поэтому не накапливаются.

Пероксиды также могут быть разрушены ароматическими аминами, в этом случае протекает следующая реакция (на примере N-метиланилина):



Энергетический выигрыш этой реакции составляет 59 кДж/моль (14 ккал/моль). Эффективность детонатора зависит от того, как легко он образует реагирующие с пероксидами свободные радикалы.

В данной статье рассматривается механизм действия антидетонационных добавок с позиции донорно-акцепторной теории, когда потенциал ионизации эффекта молекулярного добавки влияет на его антидетонационные свойства. Авторы утверждают, что ионы и радикалы обеспечивают развитие цепных реакций при сжигании углеводородного топлива [6].

Принимаем во внимание, что октановое число смеси экспоненциально зависит от содержания антидетонационной добавки. Механизм реакции может быть описан дифференциальным уравнением первого порядка, характеризующий скорость изменения октанового числа от концентрации вводимых добавок:

$$a \frac{dOЧ}{dC} + bOЧ + c = 0 \quad (1.1)$$

с начальными условиями: при $C=0$ $OЧ=OЧ_0$, где $OЧ_0$ – исходное октановое число бензиновой смеси.

Решением данного дифференциального уравнения является количественное описание действия присадки и представляет собой зависимость:

$$\Delta OЧ = A \cdot (1 - e^{-B \cdot C}) \quad (1.2)$$

где C – концентрация антидетонатора, $\Delta OЧ$ – прирост по октановому числу, A и B – коэффициенты, которые характеризуют эффективность присадки согласно приведенному выше механизму, и были оценены по экспериментальным данным [7].

При высоких значениях концентрации эффективность присадки постепенно снижается, т.е.

$$e^{-B \cdot C} \rightarrow 0 \quad (1.3)$$

То есть, коэффициент A будет равен максимально возможному приросту $ОЧ$ для конкретной присадки:

$$\Delta ОЧ = A \cdot (1 - e^{-B \cdot C}) \approx A \cdot (1 - 0) = A = \Delta ОЧ_{\max} \quad (1.4)$$

При преобразовании уравнения (2) была получена математическая модель процесса компаундирования, которая учитывает влияние антидетонационных добавок на повышение октанового числа бензина:

$$ОЧ_i = ОЧ_0 + П \cdot \Delta ОЧ_{\max} \cdot (1 - e^{-K_{эфф} \cdot C_{пр}}), \quad (1.5)$$

$$C_{пр} = \frac{C_i}{C_{\max}} \quad (1.6)$$

где $П$ - величина, характеризующая приемственность различных видов топлива к добавкам; $K_{эфф}$ - коэффициент эффективности присадки, которая определяет скорость реакции разрушения пероксидов по механизму, показанному выше, $C_{пр}$ - приведенная концентрация добавки, равная отношению концентрации присадки C_i к предельно допустимой концентрации из добавка в бензине C_{\max} .

В уравнении (5) коэффициент приемистости $П$ равен единице для прямогонного бензина, в то время как для бензина каталитического реформинга и крекинга $П$ лежит в диапазоне от 0,2 до 0,8 в зависимости от углеводородного состава бензина. Известно, что температура термического разложения добавки (например, ферроцена составляет 473 ° С) выше температуры начала термического разложения и быстрого окисления кислородом парафиновых, нафтеновых и олефиновых углеводородов, содержащихся в бензине. Таким образом, эффект антидетонационных добавок в первую очередь проявляется в дезактивации продуктов распада менее термически стабильных парафиновых углеводородов и продуктов их разложения, приемистость к которым у добавок выше [3]. По приемистости к металлосодержащим присадкам углеводороды располагаются в следующий ряд: парафиновые > нафтеновых > олефины > ароматические соединения.

Состав вводимых в бензин добавок определяется применяемых на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) технологий получения бензинов [3].

3) Методы расчета октанового числа.

Так как лабораторный метод определения ОЧ на стационарных установках достаточно дорогостоящий и длительный процесс и полученная информация не может быть использована для оперативного вмешательства в ход процесса, а определение октанового числа по данным хроматографии также затратный и долгий анализ, то создание расчетных методов оценки детонационной стойкости бензинов интересует многих исследователей.

В литературе приведены различные методы расчета октанового числа бензинов, условно их можно разделить на четыре группы:

1. Учитывающие фракционный, групповой или покомпонентный составы бензина;
2. Связывающий значение октанового числа с физико-химическими свойствами и эксплуатационными характеристиками бензинов, такими как плотность, анилиновая точка;
3. Основанные на связи молекулы с ее свойством (метод графов).

Рассмотрим некоторые из них.

Формулы, учитывающие покомпонентный состав бензина

Наиболее простой и часто встречающейся формулой для расчета октанового числа является формула аддитивности [5]:

$$\text{ОЧ} = \sum_i v_i \cdot \text{ОЧ}_i, \quad (1.7)$$

где v_i –объемная доля компонента в смеси;

ОЧ – октановое число бензина;

ОЧ_{*i*}- октановое число компонента смеси;

Существуют различные формулы для расчета ОЧ. В статье «Разработка октановой модели, основанной на детальном бензиновом составе» описан новый подход к расчету ОЧ бензина.

Авторы статьи утверждают, что каждый бензин, независимо от потока процесса (например, бензин риформинга, крекинг и др.), представляет собой сложную смесь из различных углеводородов, и независимо от остальных компонентов смеси, вклад определенной группы углеводородов (параметр смешения) в значение ОЧ остается постоянным. В таблице 1 приведены значения этих параметров для групп углеводородов.

Таблица 1 – Значения параметра смешения.

Группа	$\beta(\text{ОЧИ})$	$\beta(\text{ОЧМ})$
Н-парафины	2,0559	0,3092
Изо-парафины	2,0204	0,4278
Нафтены	1,6870	0,2821
Ароматические углеводороды	3,3984	0,4773
Олефины/циклические олефины	8,9390	10,0000
Оксигенаты	3,9743	2,0727

Таким образом, авторами статьи приводится следующая формула:

$$\text{ОЧ} = \frac{\sum_i v_i \cdot \beta_i \cdot \text{ОЧ}_i}{\sum_i v_i \cdot \beta_i}, \quad (1.8)$$

где v_i – объемная доля компонента в смеси;

ОЧ – октановое число бензина;

ОЧ_i – октановое число компонента смеси;

β_i – параметр смешения.

Это базовая модель прогнозирования октанового числа, где индекс суммирования i пробегает все вещества, присутствующие в бензине [6].

Применение метода графов для расчета ОЧ

Также для расчета октанового числа можно применить метод графов. Сейчас связать структуру молекулы с каким-либо ее свойством очень важно, поскольку иногда необходимо не только получить новое соединение, а синтезировать вещество с определенным набором свойств.

Для этого применяют топологический подход, который, в свою очередь связан с использованием методов теории графов [7].

Существует связь структурной формулы молекулы с соответствующим ей молекулярным графом. И в дальнейшем при анализе структурной формулы, молекулярный граф (МГ) обрабатывается методами теории графов, так как она развита и широко применяется в моделировании зависимостей «структура – свойство».

Первым шагом на пути решения этой задачи, является представление молекулярной структуры в виде графа. Каждому графу можно поставить в соответствие различные матрицы, содержащие информацию о графе в численной форме. Теоретико-графовое описание молекул позволяет отображать их топологические характеристики: целостность, цепи, циклы, разветвления и т.п. Графы иногда задают в матричном виде, что позволяет работать с ними на ЭВМ [8].

Таким образом, графы можно задавать в матричном виде, и чаще всего используют матрицу смежности вершин и матрицу расстояний.

Матрица смежности вершин простого графа представляет собой квадратную матрицу «A» с элементами равными единице, если две вершины соединены ребром, и равными нулю в противном случае. Матрица расстояний – это квадратная матрица «D» с элементами, определяемыми как минимальное число рёбер (наикратчайшее расстояние) между вершинами. Вид матриц «A» и «D» зависит от способа нумерации вершин, что вызывает неудобство при обращении с ними.

Также для каждого графа существуют характеристики, инвариантные относительно изоморфизма, например число вершин (n) или число ребер (m). Эти характеристики-инварианты (не зависящие от способа нумерации вершин) и называются в теоретической химии топологическими индексами [9].

Как правило, для установления связи между структурными параметрами, например, топологическими индексами и числовой характеристикой некоторого свойства Z ищут линейную зависимость вида:

$$Z = a_0 + \sum_i a_i x_i, \quad (1.9)$$

где a_i — неизвестные константы, определяемые методом наименьших квадратов. В более общих случаях используют нелинейные функциональные соотношения.

Существует более чем 400 видов топологических индексов, из них самые известные это индексы Винера, Хосойи, Рандича, Балабана, Шульца, Харари и др. Одной из важных характеристик топологических индексов является их способность различать изомеры [10].

К достоинствам подхода к решению проблемы связи «структура – свойство», основанном на топологических индексах, можно отнести простоту и быстроту вычисления ТИ и возможность получать их непосредственно из структурной формулы.

Например, число W (индекс Винера) выражается через элементы матрицы расстояния D по формуле [7]:

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i,j} d_{ij}, \quad (1.10)$$

т.е. индекс Винера W равен полусумме всех элементов матрицы расстояний D в молекулярном графе G .

Таким образом, чтобы связать структуру углеводорода с его свойством через ТИ следует:

1. Отобрать подходящие ТИ или разработать новые, при этом учесть их дискриминирующую способность, корреляционную способность со свойствами и т.д.
3. Изучить графические зависимости "Свойство P -ТИ графа молекулы".
4. Установить функциональную зависимость $P=f(\text{ТИ})$.
5. Сопоставить рассчитанные значения свойства P с экспериментальными.
6. Предсказать свойства других соединений вне данной выборки.

В итоге, можно сказать, что хотя и было проведено огромное количество исследований, ещё многое остаётся неясным. Методом проб и ошибок можно

подобрать множество функций вида $P=f(\text{ТИ})$, и выбор индексов и корреляционных зависимостей зачастую носит случайный характер, не имея под собой прочного теоретического фундамента. При использовании того или иного топологического индекса важно знать: представляет ли исследуемый ТИ интерес для корреляций «структура – свойство» или нет (то есть способен ли он отражать важные структурные особенности молекул или дублирует информацию, получаемую с помощью других индексов) [11].

Суррогатные топлива

Так как бензин представляет собой сложную смесь сотен углеводородов то, зачастую, ограничивают химическую и / или физическую сложность топлива для выработки понимания фундаментальных процессов. В общем, термин «суррогатный бензин» означает более простое представление топлива. Простейшие суррогатных топлива состоят из отдельных компонентов, например, изооктана в качестве заменителя бензина. Бинарные смеси н-гептан и изо-октан, первичная эталонная смесь для определения октанового числа, также находят широкое применение в качестве удобного суррогата для топлива с различным октановым числом [12].

В статье подробно описана разработка модели суррогатного бензина, целями которой являются:

1. Получить фундаментальные химические кинетические данные о суррогатном топливе в широком диапазоне экспериментальных аппаратов;
2. Разработать детальный химический кинетический механизм, который может воспроизвести наблюдаемое явление;
3. Сократить химический механизм до размера, который подходит для реализации в моделях двигателей;
4. Модели исходных данных двигателя с помощью приведенного химического кинетического механизма.

Было решено, что три компонента должны присутствовать в суррогатном бензине: н-гептан, изооктан и толуол. Н-гептана и изооктан были выбраны, так как они являются основными компонентами эталонного топлива

и толуол, потому что он наиболее распространенное ароматическое соединение в бензине. Другие компоненты, которые могли бы быть рассмотрены и в отношении которых существуют кинетические механизмы являются 1-пентен, диизобутилен, циклогексан и метил-циклогексан. Этанол является дополнительным компонентом, который имеет важное значение, и который использования в качестве добавки к нефтяному топливу.

Для целевого применения, авторами статьи был выбран двигатель компрессионного воспламенения однородной смеси (НССИ) [13].

Таким образом, в данной работе измерим основные эксплуатационные свойства, чтобы на их основе проводить дальнейшие исследования. Модификацию этих свойств совершим с помощью добавок-оксигенатов, так как этот метод наиболее доступен и в кафедральной лаборатории имеется необходимое оборудование. Для расчета октанового числа чистого бензина и смеси с добавками будут применяться формулы, учитывающие фракционный, групповой или покомпонентный состав бензина, и формулы, связывающие значение октанового числа с физико-химическими свойствами и эксплуатационными характеристиками бензинов, такими как плотность, анилиновая точка. Метод графов пока не используется, так как он имеет много минусов и дает в расчетах большую погрешность.

2 Постановка задачи исследования

Модификация эксплуатационных свойств – актуальная задача для промышленного производства моторных топлив. На практике расчет октановых чисел проводят по правилу аддитивности. Однако вклад каждой составляющей в суммарное октановое число топлива часто не соответствует октановому числу индивидуального вещества, а имеющиеся в литературе сведения об октановых числах смешения противоречивы. Основные трудности при прогнозировании октанового числа товарных бензинов возникают из-за значительных отклонений детонационной стойкости композиций от расчетных значений. Поэтому исследования, направленные на изучение октановых чисел смешения,

а также на разработку оптимального соотношения компонентов в товарном бензине, являются актуальными.

Целью данной работы исследование и модификация эксплуатационных свойств прямогонных бензинов, используя данные по их составу и свойствам.

Объектом исследования являются прямогонные бензиновые дистилляты различных НПЗ.

Для достижения цели необходимо:

- выполнить поиск октаноповышающих добавок, удовлетворяющих условиям эксперимента;
- разработать рецептуры смесей октаноповышающих добавок с бензинами, согласно техническому регламенту;
- выполнить эксперимент по смешению октаноповышающих добавок с бензинами;
- выполнить расчет ОЧ смешения различными формулами, выбрать оптимальную;
- сравнить результатов полученных экспериментально с расчетными;
- спроектировать статический смеситель бензиновых композиций;

3 Экспериментальная часть

3.1 Характеристика объекта исследования

Объектом исследования является прямогонные бензиновые дистилляты. В данной работе исследовались две пробы бензинов Анжеро-Судженского и Яйского НПЗ.

Прямогонный бензиновый дистиллят представляет собой преобладающий по объему компонент основного (базового) бензина.

Самый распространенный метод получения прямогонного компонента бензинов – это перегонка при атмосферном давлении с отбором широкой фракции до 180°C и последующая вторичная перегонка этой фракции на компоненты. При вторичной перегонке отбирается «головка» бензина (н.к. -

62°С или н.к. - 85°С), которую используют в качестве компонента товарного бензина или передают на облагораживание (например, каталитическую изомеризацию). Если перегоняют высокооктановую нефть, то конец кипения отбираемого легкого бензина можно повысить.

Каталитическому риформингу обычно подвергаются более тяжелые части бензина (85 - 180°С, 105 - 180°С или 140 - 180°С), то есть фракции, из которых можно получить высокооктановые компоненты бензинов. Фракцию 140 - 180°С можно также использовать как компонент реактивного топлива.

3.2 Определение основных физико-химических свойств исследуемого прямогонного бензина

Нефть является многокомпонентной системой и содержит в себе различные углеводороды: арены, циклоалканы, алканы. Их соотношение между собой влияет на различные свойства нефти, а также позволяет выбрать метод ее переработки и в результате сказывается на свойствах продуктов.

В исследуемых пробах определили групповой состав по ГОСТ 31872-2012, фракционный состав по ГОСТ 2177-99, плотность по ГОСТ 3900-85, сделали хроматографический анализ по ГОСТ Р 52714-2007, определили октановое число на приборе октанометре.

3.2.1 Групповой состав

Определение группового состава сводится к удалению аренов адсорбцией на силикагеле, определению максимальной анилиновой точки и анилиновой точки методом равных объемов для деароматизированной фракции.

3.2.1.1 Удаление аренов адсорбцией на силикагеле

Жидкостно - адсорбционной хроматографией называют процесс физического разделения сложных жидких или газообразных смесей на пористых сорбентах. Процесс происходит из-за различной сорбируемости компонентов смеси, которая, в свою очередь, находится в зависимости от химического состава и строения компонентов. Разделение производят, через пропускание исследуемой нефтяной фракции через колонку, заполненную

адсорбентом (силикагелем). Алканы и циклоалканы обладают меньшей адсорбционной способностью по сравнению с аренами. Основываясь на этом свойстве ароматических углеводородов, производят их отделение адсорбционным методом. Адсорбированные продукты десорбируют при помощи жидкостей, обладающих большей поверхностной активностью, чем адсорбированное вещество.

Аппаратура: стеклянная колонка (рисунок 1), высота 650 мм, диаметр 8 – 10 мм, с расширением в верхней части; рефрактометр типа ИРФ; мерные цилиндры (градуированные пробирки) с ценой деления 0,1 мл.

Реактивы и материалы: этиловый спирт-ректификат; силикагель; формалин; серная кислота, 98 %.

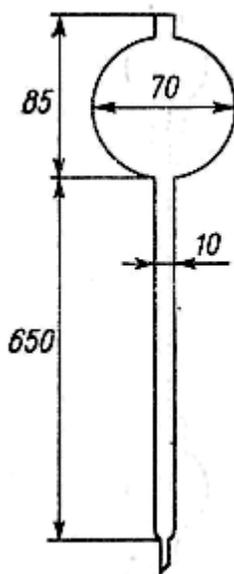


Рисунок 1 - Адсорбционная колонка

Ход работы: в самый низ адсорбционной колонки помещают кусочек крупного силикагеля, далее небольшими порциями насыпают 13 - 15 г силикагеля марки АСК, уплотняя его равномерным постукиванием деревянной палочкой вдоль колонки снизу вверх. Силикагель должен располагаться на 20 - 25 мм ниже расширенной части колонки. Под нижний конец колонки ставят мерный цилиндр (градуированную пробирку). В заполненную колонку наливают 13 – 15 см исследуемой фракции, и когда она полностью впитается в силикагель, заливают в качестве десорбирующей жидкости 15 см этилового

спирта. Деароматизированный нефтепродукт или растворитель собирают с низа колонки в градуированные пробирки. Сначала будет выходить насыщенная (алкано-циклоалкановая) часть исследуемой фракции, которая адсорбируется силикагелем менее прочно. Первую порцию отбирают в количестве 0,5 см, а все последующие – по 0,3 см.

У каждой отобранной фракции определяют показатель преломления. По коэффициенту рефракции проверяют отсутствие в нефтепродукте или растворителе ароматических углеводородов. Если коэффициент рефракции увеличивается в последовательно отобранной порции нефтепродукта на 0,0005, то это значит, что в пробе присутствуют ароматические углеводороды.

Если фракции, отличаются по показателю преломления не более чем на 0,0005, то их сливают вместе и определяют для них анилиновую точку методом равных объемов.

Отбор нефтепродукта или растворителя из адсорбционной колонки прекращается, если в очередной порции нефтепродукта или растворителя обнаруживаются ароматические углеводороды.

Ароматические углеводороды качественно можно определить по формалиновой реакции. Для этого к 1 - 2 каплям деароматизированного нефтепродукта или растворителя добавляют 1 см кислоты и 2 - 3 капли 40 %-го водного раствора формалина. Если на границе раздела серная кислота-испытуемый раствор образуется темное кольцо, то в пробе присутствуют ароматические углеводороды.

3.2.1.2 Определение максимальной анилиновой точки

Критической температурой растворения (максимальной анилиновой точкой) называют температуру, при которой углеводородная фракция и анилин смешиваются между собой в любых соотношениях. Значения анилиновой точки, за некоторым исключением, возрастают с увеличением молекулярной массы и температуры кипения углеводородов одного и того же ряда или же фракций одной и той же нефти.

На практике определяют не температуру полного растворения, а температуру помутнения, т.е. начало расслаивания двух жидкостей. Чистота применяемого анилина влияет на численное значение анилиновых точек. Анилин должен быть сухим и свежеперегнанным, потому что продукты его окисления снижают, а присутствие влаги заметно повышает температуру растворения.

Реактивы – анилин, свежеперегнанный (сушат не менее 12 часов над твердым едким натром и затем перегоняют, отбирая фракцию, выкипающую в интервале 183 –184 °С). Чистоту анилина проверяют измерением температуры максимальной анилиновой точки н-гептана, 70,1 0,1 °С); н-гептан для проверки чистоты анилина; глицерин для бани.

Аппаратура – стеклянная пробирка для испытания, пробирка муфта, стеклянный стакан (баня) вместимостью 700 см³; мешалка для перемешивания глицерина в бане, мешалка из нихрома для перемешивания смеси из анилина и исследуемой фракции, термометр от 0 - 100 °С с делениями 0,1 или 0,2 °С, пипетки вместимостью 2 см³.

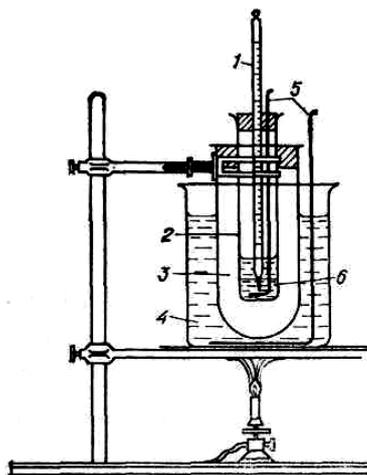


Рисунок 2 - Прибор для определения анилиновой точки: 1 - термометр; 2 - пробирка; 3 - муфта; 4 - водяная баня; 5 - мешалка; 6 - смесь анилина с исследуемой фракцией

Ход работы: заливают 1 см исследуемой фракции в сухую чистую пробирку для испытания и добавляют пипеткой 0,2 см анилина. Далее

вставляют термометр в пробирку так, чтобы середина ртутного шарика находилась на линии раздела анилина и исследуемой фракции. Пробирку для испытания вставляют в пробирку муфту, которую зажимают лапкой штатива, и помещают в глицериновую баню. Баня нагревается на электроплитке с асбестовой прокладкой. Смесь в пробирке перемешивают нихромовой мешалкой, пропущенной через пробку термометра, до тех пор, пока раствор не станет однородным и прозрачным. После того, как раствор в пробирке станет совершенно однородным и прозрачным, нагрев бани прекращают и, продолжая перемешивание раствора, охлаждают его со скоростью от 0,5 до 1,0 °С/мин, наблюдая при этом за появлением мути. В момент образования равномерной мути, резко распространяющейся на всю массу жидкости и скрывающей ртутный шарик термометра, отмечают с точностью до 0,1°С температуру. Далее добавляют 0,2 см анилина и снова определяют температуру помутнения, которая обычно бывает выше предыдущей. Эту операцию нужно повторяют до тех пор, пока не уменьшится температура растворения. Найденная максимальная температура растворения фракции в анилине и будет критической температурой растворения (максимальной анилиновой точкой).

3.2.1.3 Определение анилиновой точки методом равных объемов

В чистую сухую пробирку помещают по 1 см анилина и анализируемой фракции, затем в пробирку вставляют на корковой пробке термометр так, чтобы середина ртутного шарика находилась на линии раздела анилина и исследуемой фракции. Пробирку для испытания вставляют на корковой пробке в пробирку муфту, которую зажимают лапкой штатива, и помещают в глицериновую баню. Баню нагревают на электроплитке с асбестовой прокладкой. Смесь в пробирке перемешивают нихромовой мешалкой, пропущенной через пробку термометра, до тех пор, пока раствор не станет однородным и прозрачным. В этот момент пробирку с муфтой поднимают вверх по штативу над баней и смесь перестают перемешивать. Смеси дают постепенно охлаждаться, пока не появится слабая муть выделяющегося анилина. С этого момента смесь начинают энергично перемешивать до

образования равномерной мути, скрывающей ртутный шарик термометра. Полученную температуру помутнения называют анилиновой точкой. Температуры полного смешения и помутнения не должны расходиться более чем на 0,1 °С. Определение анилиновой точки повторяют с новым образцом исследуемой фракции. Расхождение анилиновых точек в параллельных опытах не должно превышать 0,2°С [14].

Массовую долю аренов A , %, рассчитывают по формуле:

$$A=K(T- T_0), \quad (3.1)$$

где $(T- T_0)$, депрессия анилиновой точки, зависящая от содержания аренов; K — анилиновый коэффициент, соответствующий содержанию аренов, вызывающему понижению анилиновой точки деароматизированной фракции на 1°С.

Значения коэффициента K зависят от природы аренов, присутствующих в узкой фракции, и их количества. Они определены экспериментально в ГрозНИИ для разных фракций в зависимости от концентраций в них аренов.

Массовую долю циклоалканов H_1 в деароматизированной фракции находят по формуле:

$$H_1 = K_1 (T_1 - T), \quad (3.2)$$

где H_1 — содержание циклоалканов в деароматизированной фракции, %.

Так как после удаления аренов во фракциях остаются углеводороды лишь двух классов — алканы и циклоалканы, анилиновая точка T_1 соответствует определенному соотношению этих углеводородов в алкано-циклоалкановой части фракций. Значения коэффициента K_1 и максимальной анилиновой точки чистых парафиновых углеводородов T_1 .

Пересчет содержания циклоалкановых углеводородов на исходную фракцию производят по формуле:

$$H=H_1 \cdot (100 - A) / 100, \quad (3.3)$$

где A — содержание ароматических углеводородов во фракции, %;

H – содержания циклоалкановых углеводородов в деароматизированной фракции, %;

Массовую долю алканов Π , %, определяют по формуле:

$$\Pi = 100 - (A + H_2), \quad (3.4)$$

где A — массовая доля аренов, %; H_2 — массовая доля циклоалканов, %.

Таблица 2 - Анилиновые коэффициенты циклоалкановых углеводородов K_1 и средняя максимальная анилиновая точка чистых парафиновых углеводородов T_1

Пределы выкипания фракции, °С	Анилиновые коэффициенты циклоалкановых углеводородов, K_1	Анилиновая точка чистых парафиновых углеводородов T_1 , °С
150 - 200	5,00	78,0
200 - 250	5,00	85,8
250 - 300	5,00	93,0
300 - 350	5,00	99,5

3.2.2 Фракционный состав

Для определения фракционного состава бензина была произведена перегонка пробы (100 мл). Под фракционным составом топлива понимается содержание в нем различных фракций, выкипающих в определенных температурных пределах. Фракционный состав выражается в объемных процентах или массовых процентах. Фракция топлива — это часть топлива, характеризующаяся определенными температурными пределами выкипания.

Фракции бензина условно подразделяют на пусковую, содержащую самые легкоиспаряющиеся углеводороды, входящие в первые 10 % отгона; рабочую, включающую последующие 80 % состава бензина, и концевую, в которую входят последние 10 % бензина. В соответствии с таким делением эксплуатационные свойства бензина оценивают по пяти характерным точкам

кривой фракционного состава: температуре начала перегонки, температуре перегонки 10%, 50%, 90% количества бензина и температуре конца перегонки.

Процесс проходит на специальном приборе, при этом отмечают температуру начала перегонки, и объем конденсата в интервале температур от начала перегонки до конца кипения с шагом в 10°C (обычно температура конца процесса перегонки не превышает 180°C). Схема стандартного аппарата для процесса перегонки показан на рисунке 3.

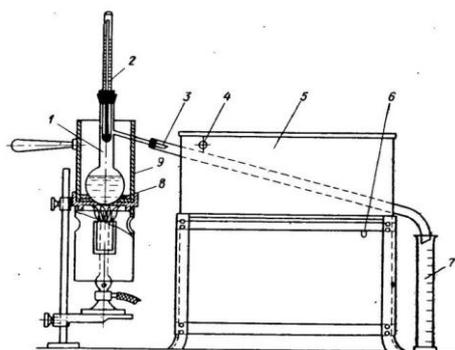


Рисунок 3 – Стандартный аппарат для разгонки нефтепродуктов: 1 – колба; 2 – термометр; 3 – трубки холодильника; 4, 6 – патрубки для ввода и вывода воды; 5 – ванна холодильника; 7 – мерный цилиндр; 8 – асбестовая прокладка; 9 – кожух.

Температуры начала перегонки говорит о пусковых качествах бензина, т. е. о его способности обеспечивать запуск двигателя при низких температурах и о склонности топлива к образованию паровоздушных пробок в топливной системе двигателя. Таким образом, исходная проба имеет в своем составе легкие фракции.

Температура перегонки 50% бензина говорит о его способности обеспечивать быстрый прогрев и приемистость (то есть быстрый переход двигателя на большие обороты) двигателей. Другими словами, чем ниже температура перегонки 50% бензина, тем выше его испаряемость, лучше приемистость и устойчивость работы двигателя на этом бензине.

Температуры перегонки 90% и конца перегонки говорит о наличии в бензине тяжелых фракций, испаряющихся в последнюю очередь. Чем выше эти температуры, тем больше расход бензина, потому что тяжелые фракции не

успевают сгорать. Больше бензина проникает в картер, смывая масло со стенок цилиндра и разжижая масло в картере, что влечет за собой износ деталей и повышенный расход масла [15].

3.2.3 Плотность

Плотность является важнейшей характеристикой нефти и во многом определяет ее качество.

Плотность – масса вещества, заключенная в единице объема. В системе СИ размерностью плотности являются кг/м³. В исследовательской практике обычно определяют относительную плотность. Это отношение плотности нефти при 20°C к плотности дистиллированной воды (эталонного вещества) при 4°C, или отношение массы нефти при 20°C к массе такого же объема дистиллированной воды при 4°C. В формулах и справочниках относительную плотность обозначают значком ρ_4^{20} .

Плотность нефти и нефтепродукта находится в зависимости от температуры: с понижением температуры плотность.

Аппаратурой, необходимой для определения плотности являются: пикнометр, бумага фильтровальная, пипетка, термостат.

Реактивы – этиловый спирт, вода дистиллированная, хромовая смесь.

3.2.3.1 Определение водного числа пикнометра

Плотность нефти определяется при стандартной температуре - 20°C. Чтобы определить плотность понадобятся стеклянные пикнометры с меткой и капиллярной трубкой различной емкости.

У каждого конкретного пикнометра есть свое так называемое «водное число», которое показывает массу воды в объеме данного пикнометра при 20°C. Перед началом определения водного числа пикнометр следует промыть последовательно хромовой смесью, дистиллированной водой, этиловым спиртом и просушить. Затем чистый и сухой пикнометр взвешивают с точностью до 0,0002 г.

Далее следует наполнить пикнометр дистиллированной свежекипяченой и охлажденной до комнатной температуры водой, используя пипетку(выше

метки, если пикнометр с меткой, а капиллярные - доверху). Заполненный водой пикнометр следует термостатировать при $20 \pm 0,1^\circ\text{C}$ в течение 30 мин, удерживая пикнометр в термостате на пробковом поплавке. Если уровень воды в шейке пикнометра перестанет изменяться, то следует отобрать избыток воды пипеткой или фильтровальной бумагой, установив ее уровень по верхнему краю мениска. Далее необходимо вытереть внутреннюю часть шейки пикнометра и закрыть пробкой, тщательно вытереть пикнометр снаружи и взвесить его с погрешностью до 0,0002 г.

По следующей формуле вычислить водное число m пикнометра:

$$m = m_2 - m_1, \quad (3.5)$$

где m_2 , m_1 - масса пикнометра соответственно с водой и пустого, г.

3.2.3.2 Определение плотности

Если вязкость нефти при 50°C не превышает $75 \text{ мм}^2/\text{с}$, то ее плотность определяют следующим образом. В сухой и чистый пикнометр наливают с помощью пипетки анализируемую нефть при $18 - 20^\circ\text{C}$ (если у пикнометра есть метка, то немного выше метки, а капиллярный - доверху), нужно стараться не замазать стенки и горлышко пикнометра. Далее заполненный пикнометр следует закрыть пробкой и термостатировать при $20 \pm 0,1^\circ\text{C}$ до тех пор, пока уровень нефти не перестанет изменяться (обычно не менее 30 мин.) Избыток нефти необходимо отбирать пипеткой или фильтровальной бумагой. Уровень нефти в пикнометре, как правило, устанавливают по верхнему краю мениска. Когда уровень установится, пикнометр вынимают из термостата, тщательно вытирают и взвешивают с точностью до 0,0002 г.

Следующую формулу применяют для вычисления относительной плотности p' анализируемой нефти(нефтепродукта):

$$p' = (m_3 - m_1) / m, \quad (3.6)$$

где m_3 – масса пикнометра с нефтью (нефтепродуктом), г;

m – водное число пикнометра, г;

m_1 – масса пустого пикнометра, г.

Если измерение проводят при атмосферном давлении отличном от 101,3 кПа, то следую пересчитать поправку к плотности по формуле:

$$\rho_4^{20} = (0,99823 - 0,0012) \rho + 0,0012, \quad (3.7)$$

где 0,99823 – значение плотности воды при 20°C; 0,0012 – значение плотности воздуха при 20°C и давлении 0,1 МПа (760 мм рт. ст.); ρ' – относительная плотность испытуемого продукта, г/см³.

Чтобы получить плотность ρ_4^{20} анализируемой нефти, следует вычесть поправку из значения относительной плотности. Необходимо помнить, что результаты определения плотности могут исказиться при наличии в исходной пробе нефти воды и механических примесей. За результат испытания принимают среднее арифметическое двух определений.

Результаты определений, которые получены одним исполнителем, можно признать достоверными, если расхождения между ними не превышает 0,0006 г/см³ [16].

3.2.4 Хроматографический анализ

Сущность метода заключается в хроматографическом разделении бензина на капиллярной колонке с неполярной неподвижной фазой с последующей регистрацией углеводородов пламенно-ионизационным детектором и автоматизированной обработкой полученной информации с помощью программного обеспечения.

Аппаратура – газовый хроматограф, включающий кварцевую капиллярную колонку с внутренним диаметром 0,1–0,5 мм, источник газа-носителя и блок подготовки газов, испаритель, термостат колонок, пламенно-ионизационный детектор, интегрирующий компьютер; микро-шприц для ввода пробы.

Реактивы – неподвижная фаза - метилсилоксан для капиллярной колонки (не более 0,07 мкл), газ-носитель - гелий.

На рисунке 4 приведена типичная блок-схема газового хроматографа.

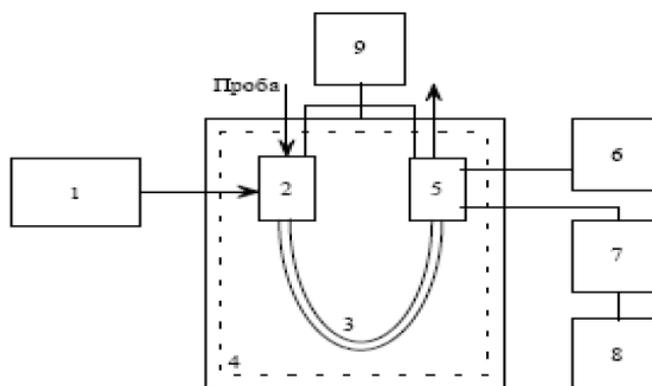


Рисунок 4 – Принципиальная схема газового хроматографа:

1 – система подготовки газов; 2 – система дозирования; 3 – колонка; 4 – система термостатирования; 5 – система детектирования; 6 – блок питания детектора; 7 – усилитель сигнала детектора; 8 – регистратор (самописец, компьютер); 9 – измерители режима хроматографа (расход газов, стабилизация температур и электрического питания детекторов). Газовые функциональные связи показаны стрелками, электрические показаны одинарной линией, термостатируемые элементы заключены в пунктирный контур.

Ход работы: в газовый хроматограф вводят представительный образец бензина, хроматограф оснащен капиллярной колонкой, который содержит в качестве твердой фазы метилсилоксан, нанесенный на стенки кварцевой капиллярной колонки.

Под действием гелия, который выполняет роль газа-носителя, образец пропускается через колонку, где все его компоненты подвергаются разделению. Пламенно-ионизационный детектор регистрирует все компоненты бензина при их элюировании из колонки. Сигнал детектора обрабатывается системой электронного накопления данных или интегрирующим компьютером. Каждый получаемый пик идентифицируют путем сравнения его индекса удерживания или визуально путем сравнения со стандартными хроматограммами [17].

Хроматограф выводят на режим, указанный в таблице 3.

Таблица 3 – Режим работы хроматографа

Показатель	Значение
------------	----------

Инжектор	
Температура, °С	250
Деление потока	От 175:1 до 275:1
Лайнер (вкладыш)	Деактивированное стекло
Объем пробы, мкл	0,2-1,0
Детектор	

3.2.5 Октановое число

Для быстрого определения октанового числа бензина используют специальный прибор – октанометр.

Октанометр одинаково хорошо измеряет параметры как этилированных, так и неэтилированных бензинов и бензинов с различными присадками. Конструкция прибора и алгоритм измерения обеспечивают высокую помехозащищенность и, как следствие, стабильность результатов измерения. Возможна настройка прибора на измерение параметров нестандартных видов топлива, например, газоконденсатного или прямогонного бензинов. Такая настройка может выполняться квалифицированным пользователем самостоятельно, без обращения к изготовителю.

Время определения марки бензина в наихудших условиях, при холодном включении, не превышает 5 секунд. Весь процесс измерения автоматизирован, оператору достаточно заполнить бензином датчик, включить прибор и записать результат, отображаемый на индикаторе. Октанометр прост в эксплуатации, не требует дополнительной настройки и ухода [18].

1. Описание и работа октанометра

Октанометр предназначен для определения октановых чисел топлив путем комплексной оценки состава и соотнесения с октановыми числами, измеренными согласно ГОСТ 8226-82 и ГОСТ 511-82 по исследовательскому (ОЧИ) и моторному(ОЧМ) методу.

Диапазон измерения октановых чисел топлива должен быть в пределах от 67 до 98 ед. ОЧ. Допускаемая абсолютная погрешность измерений должна быть в пределах $\pm 2,0$ ед. ОЧ.

Принцип действия прибора основан на комплексной оценке состава и плотности многокомпонентных топлив путем измерения частоты механического автогенератора с измерительной ячейкой, заполненной топливом.

Прибор состоит из корпуса 1 и измерительной ячейки (ИЯ) 2, соединенных между собой небольшой штангой 3. На лицевой панели расположены: выключатель питания прибора 4, кнопки 5, для управления прибором при измерениях и градуировки, индикатор 6, узел укрепления измерительной ячейки 7.

2. Подготовка октанометра к работе и порядок работы

Если октанометр исправен, то при включении питания, после того, как исчезнет приветствие HELLO, октанометр переходит в режим измерения ОЧ. На табло появится сообщение 0.01, это означает, что октанометр готов к измерению ОЧИ. После нажатия кнопки \downarrow или \uparrow осуществляется последовательный перевод октанометра в режим индикации.

3. Градуировка прибора

Для повышения октанового числа используются кислород содержащие соединения. их применение меняет компонентный состав бензинов, хотя фракционный состав, если исходить из температур начала и конца перегонки, может соответствовать ГОСТ 2084-77. В связи с этим, показания октанометра для контроля ОЧ бензинов, поступающих в регион от близлежащих НПЗ, могут давать ошибки.

4. Измерение октановых чисел бензина

- 1) Включите питание октанометра;
- 2) Погрузите утолщенную часть датчика октанометра в анализируемый бензин. Для полного заполнения октанометра, рекомендуется сделать несколько вертикальных перемещений датчика;

3) Снимите показания октанового числа бензина по исследовательскому методу (ОЧИ) нажмите ↓ снимите показания по моторному методу(ОЧМ)

4) При необходимости нажмите ↓ и снимите показания температуры измеряемого бензина. Для усреднения результатов измерений повторите измерения.

5) При окончании измерения вытащите датчик октанометра из бензина, при этом значения октановых чисел обнулятся, а датчик температуры будет показывать температуру окружающего воздуха. Протрите снаружи датчик салфеткой и просушите сжатым воздухом.

6) При необходимости, проведите измерения октановых чисел другой пробы бензина. При окончании измерений, переведите выключатель питания в положение «ВЫКЛ».

7) Если при измерении бензинов окажется, что ошибка в индикации октановых чисел превышает $\pm 2,0$ ед. ОЧ, необходимо произвести градуировку октанометра [25].

3.3 Разработка рецептур октаноповышающих добавок

Сложный технологический способ разделения и каталитического преобразования фракций нефти обуславливает высокую себестоимость получаемого продукта, хотя позволяет получить бензин европейского качества с большим октановым числом. Например, при гидрокрекинге ИОЧ составляет 85-90, при каталитическом крекинге - 80-85, при риформинге – 85-97, при алкилировании - 92, при полимеризации – 100 [19].

Именно поэтому применение специальных присадок для производства высокооктанового бензина становится в данном случае оправдано и экономически выгодно. В настоящее время в мировом масштабе наиболее распространенной, экологически безопасной и эффективной присадкой считается беззольный антидетонатор-монометиланилин (ОЧМ=280, ОЧИ=250), который применяется как в чистом виде, так и в виде смесей с другими октановыми компонентами, ММА в составе топлива снижает расход бензина,

уменьшает токсичность выхлопных газов. Повышение октанового числа на 5-6 единиц обеспечивается концентрацией ММА около 0,8-1% [20].

В соответствии с техническим регламентом «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» и техническому регламенту таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» содержание ММА в бензине не должно превышать 1% масс [21]. Причина такого ограничения связана с тем, что ММА вызывает осмоление деталей двигателя и топливной системы и увеличение износа деталей цилиндра-поршневой группы. Достоинством аминов является то, что они хорошо совмещаются с присадками других типов, при этом нередко наблюдается синергизм. Поэтому на базе аминов было разработано много смесевых антидетонационных присадок [22].

Для повышения октанового числа используют, так называемый, оксигенат - метил-трет-бутиловый эфиры $\text{CH}_3\text{OC}(\text{CH}_3)_3$ (МОЧ=125, ИОЧ=110). При сгорании метилсодержащих эфиров в окружающую среду происходят выбросы метанола, поэтому их использование нежелательно. Но повышение концентрации кислорода более 2,7% вызывает увеличение содержания альдегидов в отходящих газах, которые являются очень токсичными веществами [2]. При этом МТБЭ способствует более полному сгоранию топлива и предотвращению коррозии металлов [21]. Содержание МТБЭ в бензине не должно превышать значение 15 %масс [22]. В нашем эксперименте мы будем варьировать содержание эфира от 8 до 15% масс, так как при этих значениях наблюдается максимальный прирост ОЧ [23].

Еще одна присадка, которую мы будем использовать – это толуол. Его получают двумя способами: каталитический реформинг фракций бензина или пиролизом нефтепродуктов. Это вещество также известно под названием метилбензол, фенилметан, толуен. Внешне представляет собой бесцветную жидкость с резким запахом, напоминающим запах бензола. Нефтяной толуол

применяют во многих отраслях промышленности, преимущественно в нефтехимической и лакокрасочной. Поскольку он не растворяется в воде, но при этом хорошо – в органических веществах, его используют в качестве растворителя самых различных лакокрасочных материалов. Продукт используется в качестве сырья при производстве нитротолуолов, бензола, бензойной кислоты. Наибольшее же распространение получил, как высокооктановая добавка для автотоплив. Особенностью толуола является его нерастворимость в воде, а также отличная смешиваемость с углеводородами, эфирами и спиртами. Свою популярность толуол получил благодаря меньшей токсичности по сравнению с бензолом, который, по существу, и заменил в некоторых видах промышленности.

Нефтяной толуол относится к числу токсичных веществ 3-го класса опасности, кроме того пожаро- и взрывоопасен. Поэтому при его использовании ни в коем случае не следует забывать о мерах безопасности. Согласно ГОСТ 14710-78, относительно толуола предусмотрен ряд действий:

- Использование защитной экипировки (маски, перчатки);
- Помещения, где производятся работы с толуолом, должны оборудоваться мощными вытяжками;
- Вблизи толуола не должно быть источников огня и высокой температуры [24].

Согласно действующему техническому регламенту, содержание толуола в бензине не должно превышать 15% масс. В нашем эксперименте мы будем добавлять в пробу бензина 5, 10 и 15% масс толуола, так как такая концентрация оптимальна, для максимального прироста ОЧ [24].

В таблице 3 приведена выдержка из действующего Технического регламента Таможенного союза "О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту" ТР ТС - 013 - 2011.

Таблица 4- Требования к топливу

Характеристики автомобильного бензина	Единица измерения	Нормы в отношениях			
		Класса 2	Класса 3	Класса 4	Класса 5
Объемная доля ароматических углеводородов, не более:	%	-	42	35	35
Объемная доля оксигенатов, не более	%				
Метанола		-	отсут.	отсут.	отсут.
Этанола			5	5	5
Изопропанола			10	10	10
Третбуанола			7	7	7
Изобутанола			10	10	10
Эфиров, содержащих 5 или более атомов углерода в молекуле			15	15	15
Других оксигенатов (с температурой конца кипения не выше 210°C)			10	10	10
Объемная доля монометиланилин а, не более			1	1	1

Таким образом, для нашего эксперимента выбраны три присадки – метил-трет-бутиловый эфир, монометиланилин и толуол, в соотношениях, указанных в таблице 5.

Таблица 5- Концентрация присадок в получаемом бензине

Название присадки	Концентрация в получаемой смеси, %масс
ММА	0.8-1
МТБЭ	8-15
Толуол	5-15

4 Результаты и обсуждения

По результатам, полученным в предыдущих экспериментах, были определены основные эксплуатационные характеристики двух проб прямогонных бензинов, которые приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Эксплуатационные характеристики прямогонных бензинов

Характеристика	Анжерский	Яйский
1) Групповой состав:		
коэффициент преломления деароматизированной фракции	1,396	1,398
максимальная анилиновая точка, °С	55,2	55,4
анилиновая точка методом равных объемов, °С	59,3	59,6
2) Содержание углеводородов, % масс.		
Арены	4,25	4,44
Нафтены	30,7	38,47
Парафины	65,05	57,09
3) Плотность относительная (экспериментальная)	0,697	0,704
Плотность относительная (хроматограмма)	0,688	0,705
4) Молекулярная масса	92,88	97,99

5) Фракционный состав (экспериментальный), °С		
t н.к.	32	40
t к.к.	133	144
Фракционный состав (хроматограмма), °С		
t н.к.	27,5	39,754
t к.к.	147,47	148,09
6) Октановое число (экспериментальное)		
ОЧМ	75,4	75,6
ОЧИ	78,8	79,1
Октановое число (хроматограмма)		
ОЧМ	62,099	59,31
ОЧИ	59,731	57,456

Для разработки рецептур смесей прямогонных бензинов с выбранными октаноповышающими добавками (МТБЭ, толуол, ММА), необходимы параметры этих добавок, такие как октановые числа, по моторному и исследовательскому методам для чистых веществ и плотности, данные приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристики добавок

Параметр\Добавка	МТБЭ	Толуол	ММА
Очи	110	99/115	280
ОЧм	125	88/102	250
Плотность, кг/м ³	740	867	975

Измерения октановых чисел проводили на приборе – октанометр «Октан-И».

Расчет соотношений компонентов рецептур проводился следующим образом:

1) Находим объем присадки и бензина, в м³.

Зная содержание обоих компонентов (%масс.), вычисляем объем по формуле:

$$V = \frac{m}{\rho}$$

где V- объем компонента, м³; m – масса компонента, кг; ρ – плотность компонента, кг/м³;

2) Находим объемную долю каждого компонента смеси:

$$v = \frac{V_1}{V_1 + V_2}$$

где v – объемная доля компонента; V₁, V₂ – объемы присадки и бензина, соответственно;

3) Рассчитываем содержание каждого компонента в 200 мл смеси:

$$V = v * 200$$

где V – содержание компонента, мл.

Результаты расчетов сведены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Расчет рецептур для первой пробы прямогонного бензина

Бензин Анжерского НПЗ					
№ смеси	Состав	Содержание, % масс.	V, м ³	Объемная доля	Содержание в 200 мл смеси, мл
1	МТБЭ	8,0	0,108*10 ⁻³	0,076	15
	Бензин	92,0	1,320*10 ⁻³	0,924	185
2	МТБЭ	12,0	0,162*10 ⁻³	0,114	23
	Бензин	88,0	1,263*10 ⁻³	0,886	177
3	МТБЭ	15,0	0,203*10 ⁻³	0,159	32
	Бензин	75,0	1,076*10 ⁻³	0,841	168
4	Толуол	5,0	0,0 58*10 ⁻³	0,041	8
	Бензин	95,0	1,363*10 ⁻³	0,959	192
5	Толуол	10,0	0,115*10 ⁻³	0,082	16
	Бензин	90,0	1,291*10 ⁻³	0,918	184
6	Толуол	15,0	0,173*10 ⁻³	0,124	25

	Бензин	85,0	$1,220 \cdot 10^{-3}$	0,876	175
7	ММА	0,8	$0,008 \cdot 10^{-3}$	0,006	1
	Бензин	99,2	$1,423 \cdot 10^{-3}$	0,994	199
8	ММА	1,0	$0,010 \cdot 10^{-3}$	0,007	1,5
	Бензин	99,0	$1,484 \cdot 10^{-3}$	0,993	198,5

Таблица 9 – Расчет рецептур для второй пробы прямогонного бензина

Бензин Яйского НПЗ					
№ смеси	Состав	Содержание, % масс.	V, м ³	Объемная доля	Содержание в 200 мл смеси, мл
9	МТБЭ	8,0	$0,108 \cdot 10^{-3}$	0,076	15
	Бензин	92,0	$1,307 \cdot 10^{-3}$	0,924	185
10	МТБЭ	12,0	$1,622 \cdot 10^{-3}$	0,115	23
	Бензин	88,0	$1,250 \cdot 10^{-3}$	0,885	177
11	МТБЭ	15,0	$0,203 \cdot 10^{-3}$	0,160	32
	Бензин	75,0	$1,065 \cdot 10^{-3}$	0,840	168
12	Толуол	5,0	$0,058 \cdot 10^{-3}$	0,041	8
	Бензин	95,0	$1,349 \cdot 10^{-3}$	0,959	192
13	Толуол	10,0	$0,115 \cdot 10^{-3}$	0,083	16
	Бензин	90,0	$1,278 \cdot 10^{-3}$	0,917	184
14	Толуол	15,0	$0,173 \cdot 10^{-3}$	0,125	25
	Бензин	85,0	$1,207 \cdot 10^{-3}$	0,875	175
15	ММА	0,8	$0,008 \cdot 10^{-3}$	0,006	1
	Бензин	99,2	$1,409 \cdot 10^{-3}$	0,994	199
16	ММА	1,0	$0,010 \cdot 10^{-3}$	0,007	1,5
	Бензин	99,0	$1,406 \cdot 10^{-3}$	0,993	198,5

Для полученных смесей измерили октановые числа по исследовательскому и моторному методам и рассчитали их прирост, после добавления октаноповышающих добавок (таблица 10).

Таблица 10 – Сравнение октановых чисел смесей с различным содержанием октаноповышающих добавок

Проба	ЧИ	ЧМ	Прирост ОЧИ, %	Прирост ОЧМ, %
Прямогонный дистиллят Анжерского НПЗ	78,8	75,4		
Бензин+МТБЭ 8%масс	88,8	82,6	10,0	7,2
Бензин+МТБЭ 12%масс	92,1	84,9	13,3	9,5
Бензин+МТБЭ 15%масс	94,3	85,7	15,5	10,3
Бензин+Толуол 5% масс	79,1	75,6	0,3	0,2
Бензин+Толуол 10% масс	79,4	75,8	0,6	0,4
Бензин+Толуол 15% масс	81,2	77,2	2,4	1,8
Бензин+ММА 0,8% масс	77,2	74,2	0	0
Бензин+ММА 1,0 % масс	78,2	75,0	0	0
Прямогонный дистиллят Яйского НПЗ	79,1	75,6		
Бензин+МТБЭ 8%масс	90,0	83,4	10,9	7,8
Бензин+МТБЭ 12%масс	92,6	85,1	13,5	9,5
Бензин+МТБЭ 15%масс	94,6	85,8	15,5	10,2
Бензин+Толуол 5% масс	79,7	76,0	0,6	0,4
Бензин+Толуол 10% масс	81,1	77,1	2,0	1,5
Бензин+Толуол 15% масс	82,9	78,4	3,8	2,8
Бензин+ММА 0,8% масс	79, 2	75,7	0,1	0,1
Бензин+ММА 1,0 % масс	79,7	76,0	0,6	0,4

Таким образом, наибольший прирост октанового числа наблюдается при добавлении к прямогонным бензинам метил-трет-бутилового эфира в различных соотношениях, причем, чем выше содержание, там больше прирост ОЧ.

На основе экспериментальных данных были выведены зависимости октанового числа от концентрации присадок в исследуемом бензине, что

позволило получить формулы для расчета октанового числа смешения бензина с каждой добавкой.

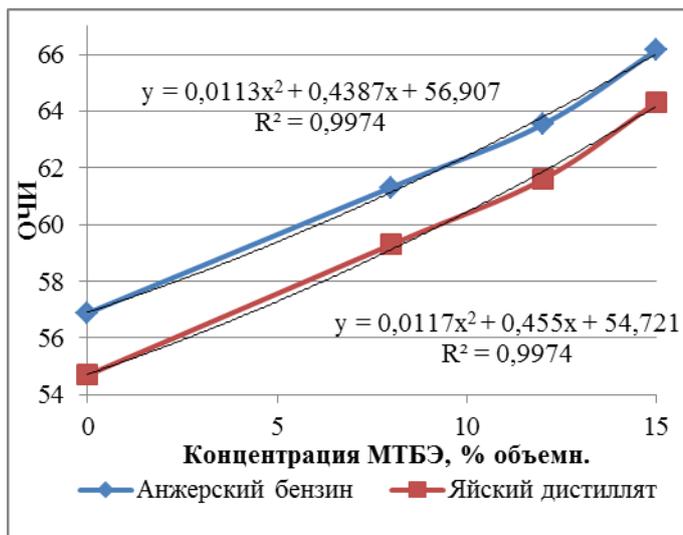


Рисунок 5 – Зависимость ОЧ от концентрации МТБЭ

Из зависимости, приведенной на рисунке 5, получено выражение для вычисления октанового числа смешения бензина с МТБЭ ($ОЧ_{см}$):

$$ОЧ_{см} = 0,0115C^2 + 0,4469C + ОЧ_6, \quad (4.1)$$

где C – концентрация МТБЭ, %;

$ОЧ_6$ – октановое число чистого бензина.

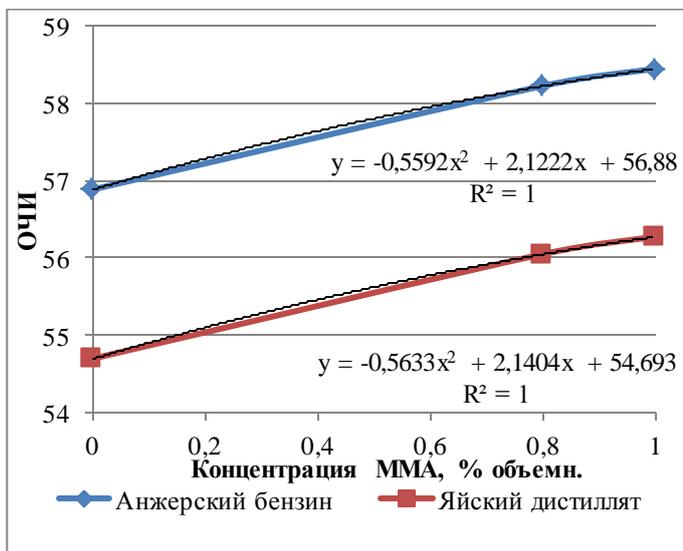


Рисунок 6 – Зависимость ОЧ от концентрации ММА

Из зависимости, приведенной на рисунке 6, получено выражение для вычисления октанового числа смешения бензина с ММА ($ОЧ_{см}$):

$$ОЧ_{см} = -0,56125C^2 + 2,1313C + ОЧ_6, \quad (4.2)$$

где C – концентрация ММА в смеси, %.

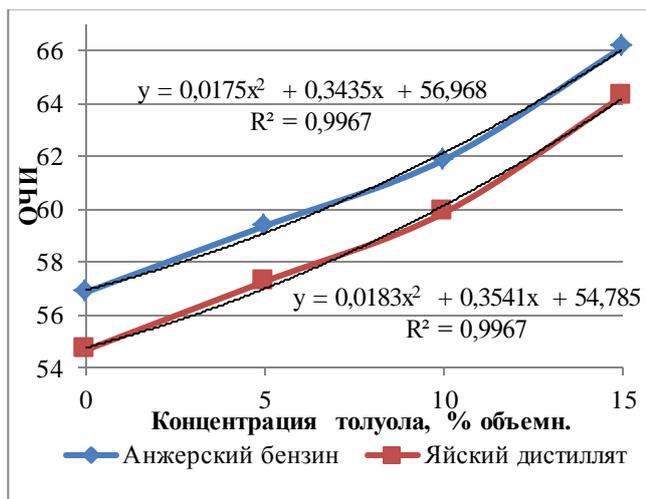


Рисунок 7 – Зависимость ОЧ от концентрации толуола

Из зависимости, приведенной на рисунке 7, получено выражение для октанового числа смешения бензина с толуолом ($ОЧ_{см}$):

$$ОЧ_{см} = 0,0179C^2 + 0,3488C + ОЧ_б, \quad (4.3)$$

где C – концентрация толуола в смеси, %.

Так как мы имеем экспериментальные данные, то можем сравнить их расчетными значениями. Нами было рассчитано октановое число двух проб бензина по двум формулам 1.7 и 1.8, которые приведены в главе 1. Результаты представлены в таблице:

Таблица 11- Сравнение расчетных значений ОЧ по двум формулам

Название бензина	Значение октанового числа по формуле 1	Значение октанового числа по формуле 2	Экспериментальное ОЧ	Относительная погрешность, формула 1, %	Относительная погрешность, формула 2, %
Анжерский прямогонный бензин	63,42	56,88	59,73	5,81	4,76

Яйский дистил- лят	61,06	54,69	57,46	5,89	4,81
--------------------------	-------	-------	-------	------	------

4.1 Проектирование смесителя бензиновых композиций

Важнейшими преимуществами статических смесителей являются их исключительная надежность, простота монтажа, компактность, позволяющая встраивать их в существующие технологические линии с минимальными затратами. Статические смесители позволяют максимально использовать затрачиваемый на перемешивание перепад давления для усреднения концентраций перемешиваемых фаз.

Мировым лидером в области разработки и выпуска статических смесителей является фирма Sulzer (Швейцария). Эффективность статических смесителей данной фирмы определяется геометрией их смесительных элементов, которые представляют многочисленные плоскости, расположенные под различными углами к продольной оси аппарата. Принцип действия этих смесителей: неоднородный поток жидкой среды, поступающий в аппарат, неоднократно рассекается смесительными элементами на отдельные струи, которые перемешиваются друг с другом. Полученная тонкослойная структура потока далее усредняется вследствие влияния турбулентности [26].

4.1.1 Материальный баланс

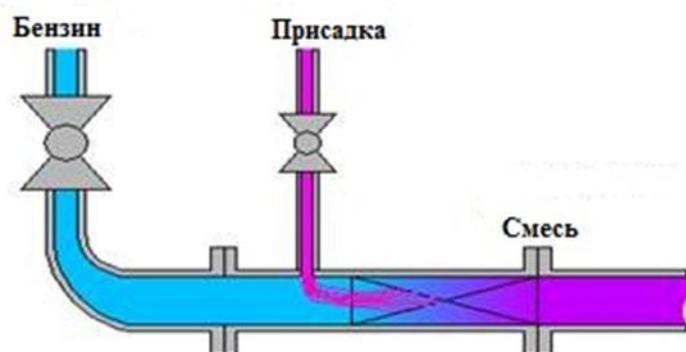


Рисунок 8 – Схема потоков в смесителе

$$G_2 = 100 \frac{\text{тыс.т}}{\text{год}} = 11384 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 3,16 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 13,62 \text{ кг/м}^3.$$

Содержание МТБЭ в смеси – 15% масс. Переведем содержание присадки из массовых в мольные проценты.

$$x_{\text{МТБЭ}} = \frac{\bar{x}_{\text{МТБЭ}}/M_{\text{МТБЭ}}}{\bar{x}_{\text{МТБЭ}}/M_{\text{МТБЭ}} + \bar{x}_6/M_6} \cdot 100\%, \quad (4.1.1.1)$$

Мольные массы компонентов смеси:

$$M_{\text{МТБЭ}} = 88,15 \frac{\text{г}}{\text{моль}};$$

$$M_6 = 98,32 \frac{\text{г}}{\text{моль}};$$

$$x_{\text{МТБЭ}} = \frac{15/88,15}{15/88,15 + 85/98,32} \cdot 100\% = 16,44\% \text{ мол.};$$

$$x_6 = 100 - 16,44 = 83,56\% \text{ мол.}$$

Теплоёмкость входных потоков, если между ними не происходит химическое взаимодействие, определяется по правилу аддитивности.

Общее уравнение материального баланса [27]:

$$G_k = \Sigma G_{n,i}, \quad (4.1.1.2)$$

$$G_k = G_{\text{присадки}} + G_{\text{бензина}}; \quad (4.1.1.3)$$

Так как по заданию расход бензина с присадкой равен 100тыс.т./год= 11384 кг/ч, то расход МТБЭ:

$$G_{\text{МТБЭ}} = 0,1644 \cdot 11384 = 1871,53 \text{ кг/ч};$$

$$G_{\text{бензина}} = 11384 - 1871,53 = 9512,47 \text{ кг/ч};$$

Аналогично рассчитываем материальный баланс для различных концентраций толуола и ММА в бензине.

Уравнения материального баланса по каждому компоненту:

$$G_k \cdot m_{k,j} = \Sigma_{j=1,n} (G_{n,i} \cdot m_{n,i,j}); \quad (4.1.1.4)$$

Откуда:

$$m_{k,j} = \frac{\Sigma (G_{n,i} \cdot m_{n,i,j})}{G_k}. \quad (4.1.1.5)$$

Уравнение теплового баланса:

Примем температуру бензина на входе в смеситель $T_6=33^{\circ}\text{C}$; а температуру присадок $T_{\text{МТБЭ}}=40^{\circ}\text{C}$.

$$T_k \cdot G_k \cdot C_k = \sum (T_{n,i} \cdot G_{n,i} \cdot C_{n,i}); \quad (4.1.1.6)$$

Откуда

$$T_k = \frac{\sum (T_{n,i} \cdot G_{n,i} \cdot C_{n,i})}{G_k \cdot C_k}; \quad (4.1.1.7)$$

где $G_{n,i} = \sum (m_{n,i,j} \cdot C_j)$;

$C_k = \sum (m_{k,j} \cdot C_j)$.

В приведённых уравнениях были приняты следующие обозначения;

i - номер входного потока,

j - номер вещества, m - количество веществ;

n - количество входных потоков;

$G_{n,i}$ - расход i -го входного потока, кг / ч;

C_k - расход выходного потока, кг/ ч;

$T_{n,i}$ - температура i -го входного потока, К;

T_k - температура выходного потока, К;

$m_{i,j}$ - мольная доля j -го вещества в i -ом входном потоке;

$m_{k,j}$ - мольная доля j -го вещества в выходном потоке;

$C_k, C_{n,i}$ - соответственно теплоёмкости выходного и i -го входного потока, Дж/(кг·К);

C_j - теплоемкость j -то вещества, Дж/(кг·К) [4].

При расчете теплового баланса были использованы данные материального баланса и следующие формулы для расчета теплоемкости смешиваемых потоков и их плотностей:

$$C = \frac{1}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}} (0,762 + 0,004T), \quad (4.5.1.8)$$

$$\rho_{15}^{15} = 0,994 \cdot \rho_4^{20} + 0,0093. \quad (4.5.1.9)$$

Таблица 12 – Тепловой баланс

Название потока	Плотность, $\rho(20)$, кг/м ³	Плотность, $\rho(15/15)$	$t_{n,i}$, °С	$C_{n,i}$, кДж/(кг·К)	C_k , кДж/(кг·К)	t_k , °С
бензин	715,22	0,7202	33	2,3449	213,9	33,6
МТБЭ	717,5	0,7225	40	2,77		
ММА	972,7	0,9761	40	1,469		
Толуол	992,9	0,9962	40	1,673		

4.1.2 Ориентировочный расчет и подбор смесителя

1. Динамическая вязкость смеси (μ_2) находим по аддитивному свойству:

$$\mu_2 = \mu_{\text{п}} \cdot \bar{x}_{\text{п}} + \mu_{\text{б}} \cdot \bar{x}_{\text{б}} = 0,36 \cdot 0,1644 + 0,54 \cdot 0,8356 = 0,510 \text{ мПа} \cdot \text{с}$$

2. Рассчитаем плотность смеси по аддитивному свойству

$$\rho_2 = \rho_{\text{п}} \cdot \bar{x}_{\text{п}} + \rho_{\text{б}} \cdot \bar{x}_{\text{б}} = 0,71 \cdot 0,1644 + 0,709 \cdot 0,8356 = 0,693 \text{ г/см}^3$$

3. Ориентировочный критерий Рейнольдса:

Для более эффективного перемешивания принимаем, что режим течения турбулентный, следовательно:

$$Re = 15000;$$

4. Расчет диаметра смесителя

$$w = \frac{Re \cdot \mu}{d \cdot \rho}; \quad (4.1.2.1)$$

$$w = \frac{G}{S}; \quad (4.1.2.2)$$

Решаем систему из двух уравнений и находим диаметр:

$$d = \frac{2 \cdot G \cdot \rho}{Re \cdot \mu \cdot \pi} = \frac{2 \cdot 3,16 \cdot 0,693}{15000 \cdot 0,513 / 1000 \cdot 3,14} = 0,181 \text{ м};$$

По расчетным данным выбираем смеситель статический трубный [28]:

Таблица 13- Смеситель статический трубный

Наименование	Производительность, м ³ /ч	Диаметр фланца,	Длина, мм	Ввод реаген-	Масса, кг

		мм		та	
СМТ 65-800	15	180	800	1/2"	11,8

Эффект смешения достигается за счет многократного деления и направленного закручивания потока на турбулизирующих элементах при движении потока внутри аппарата.

Время смешения – 0,8 – 1,2 сек.

Потери напора – 2,5-3,5 м (0,25-0,35 бар)[28].

4.1.3 Тепловой расчет

Целью теплового расчета является определение толщины тепловой изоляции.

Толщину тепловой изоляции рассчитываем по формуле (4.1.3.1) [29]

$$\delta_{из} = \frac{\lambda_{из}}{\alpha_n} \cdot \frac{(t_{ст} - t_{из})}{(t_{из} - t_{окр})}, \quad (4.1.3.1)$$

где $\delta_{из}$ – толщина тепловой изоляции;

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности материала изоляции;

α_n – коэффициент теплоотдачи в окружающую среду (воздух);

$t_{ст}$, $t_{окр}$, $t_{из}$ – соответственно температуры наружной стенки аппарата, окружающей среды и наружной поверхности теплоизоляционного слоя[6].

Принимаем:

$$t_{ст} = 40^{\circ} \text{C};$$

$$t_{окр} = 20^{\circ} \text{C};$$

$$t_{из} = 25^{\circ} \text{C}.$$

Коэффициент теплоотдачи можно рассчитать по приближенному уравнению[29]:

$$\alpha_n = 9,74 + 0,07 \cdot \Delta t = 9,74 + 0,07 \cdot (5) = 9,39 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

$$\text{где } \Delta t = t_{из} - t_{окр} = 25 - 20 = 5^{\circ} \text{C}.$$

В качестве изоляционного материала выбираем солевит:

$$\lambda_{из} = 0,098 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \text{ тогда}$$

$$\delta_{из} = \frac{\lambda_{из}}{\alpha_n} \cdot \frac{(t_{ст} - t_{из})}{(t_{из} - t_{окр})} = \frac{0,098}{9,39} \cdot \frac{(40-25)}{(25-20)} = 0,022 \sim 22 \text{ мм.}$$

Принимаем толщину изоляции 25 мм.

4.1.4 Конструктивный расчет

4.1.4.1 Расчет толщины обечайки

Материал обечайки и днищ выберем сталь 09Г2С (ГОСТ 5520-79). Данная сталь характеризуется высокой коррозионной стойкостью. При работе элементов химической аппаратуры в условиях любых отрицательных температур за расчетную температуру принимают 20 °С.

Расчет толщины обечайки проводят в соответствии с ГОСТ 14249-80.

Исполнительную толщину тонкостенной гладкой цилиндрической обечайки, нагруженной внутренним избыточным давлением, рассчитываем по формуле:

$$s \geq \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} + c \quad (4.1.4.1)$$

Причем для обечайки $D \geq 200$ мм должно соблюдаться условие

$$(s - c) / D \leq 0,1.$$

Суммарную прибавку к номинальной расчетной толщине стенки определяем по формуле:

$$c = c_1 + c_2 + c_3. \quad (4.1.4.2)$$

где C_1 - прибавка на коррозию (1мм), C_2 – прибавка на минусовое отклонение по толщине листа, примем 0,7 мм, C_3 – технологическая прибавка, примем 0,5 мм.

$$c = 1 + 0,7 + 0,5 = 2,3 \text{ мм.}$$

Допускаемое напряжение для выбранного материала сталь марки 09Г2С рассчитывает по следующей формуле [30]:

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^*. \quad (4.1.4.3)$$

где $\eta = 0,9$ – коэффициент для взрывоопасных и пожароопасных сред; σ^* = 180 МПа – допускаемое напряжение для стали 09Г2С при 36 °С.

$$[\sigma] = 0,9 \cdot 180 = 162 \text{ МПа.}$$

$\varphi = 0,9$ – коэффициент прочности сварных швов: стыковых, выполненных автоматической или полуавтоматической сваркой с одной стороны, с флюсовой или керамической подкладкой, при контроле 100 % длины шва.

Толщину стенки обечайки рассчитываем по формуле:

$$S \geq \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} + c = \frac{0,1 \cdot 0,18}{2 \cdot 162 \cdot 0,9 - 0,1} + 0,0023 = 0,0026 \text{ м.}$$

Примем толщину стенки обечайки равной 4 мм.

Проверка условия: $(4 - 2,3)/180 \leq 0,1$.

Допускаемое давление в обечайке определяем по формуле[28]:

$$P_d = \frac{2 \cdot \sigma_d \cdot \varphi (s - C_k)}{D_B + (s - C_k)} = \frac{2 \cdot 162 \cdot 0,9 (4 - 1)}{180 + (4 - 1)} = 4,78 \text{ МПа.}$$

4.1.4.2 Входная камера

Диаметр входной камеры примем равным диаметру смесителя: 180 мм.

Длину примем равной 300 мм. Фланцы:

Таблица 14 – Конструктивные размеры фланца

D _y	d _н	D _ф	D _б	D ₁	Болты		Тип фланцев -1	
					d _б		ГОСТ 1255-67	
мм							h, мм	Масса, кг
200	219	315	280	258	M16		15	4,73

4.1.4.3 Расчет штуцера

Рассчитаем условный проход штуцера для ввода потока присадки во входную камеру смесителя. Данные для расчета возьмем из материального и теплового балансов (табл. 2). Скорость потока в штуцере примем равной 2 м/с. Расход МГБЭ выразим в кг/с.

Известна плотность МГБЭ при 20°C:

$$\rho^{20} = 717 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Температура МГБЭ t=40°C.

$$\rho_4^{40} = \rho_4^{20} - \alpha(40 - 20), \quad (4.1.4.4)$$

где α – температурная поправка на 1°C, $\alpha=0,000962$.

$$\rho_4^{40} = 0,7225 - 0,000962(40 - 20) = 0,70326.$$

Или

$$\rho^{40} = 698,15 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}.$$

Тогда:

$$d_{\text{см}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{п}}}{\pi \cdot \omega_{\text{см}} \cdot \rho_{\text{см}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,52}{3,14 \cdot 2,0 \cdot 698,15}} = 0,022 \text{ м} = 22 \text{ мм}.$$

Рассчитанный диаметр округляем до ближайшего большего значения:

$d = 25 \text{ мм}.$

Размеры фланца приведены в таблице 15. Подберем фланцы по ГОСТ 1255-67 .На рисунке 9 представлен тип штуцера.

Для P_y 1 – 10 кгс/см²

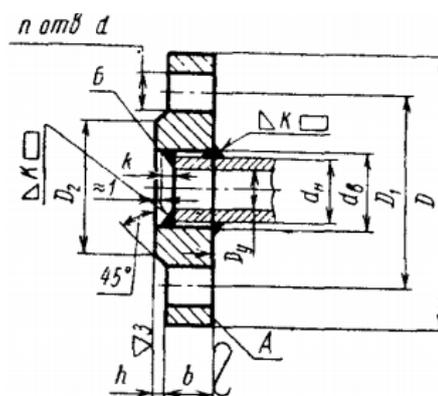


Рисунок 9 - Штуцер

Таблица 15 – Конструктивные размеры штуцеров[28]

D_y	d_n	D_{ϕ}	D_b	D_1	Болты		Тип фланцев – 1	
					d_b		ГОСТ 1255-67	
Мм							h, мм	Масса, кг
25	32	100	75	60	M10		10	0,55

4.1.4.4 Выбор насадки



а) с гладкой поверхностью; б) с шероховатой поверхностью.

Насадка «Инжехим-2000» позволяет повысить эффективность распределения газовой и жидкой фаз по сечению аппарата. Является современной альтернативой кольцам Паля, Рашига и другим аналогичным насадкам. При равной толщине слоя она обеспечивает большую производительность и меньшее удельное гидравлическое сопротивление. Насадка изготавливается из листа или ленты из нержавеющей или углеродистой стали толщиной от 0,3 до 1 мм, способна работать с загрязненными средами. Поверхность листа подвергается специальной обработке, улучшающей растекание жидкости по насадке.

Таблица 16 – Основные технические характеристики

Размер элемента D, мм	35
Толщина материала, мм	0,5
Количество элементов в м ² , шт.	18750
Удельная поверхность, м ² /м ³	107,4
Свободный объем, м ³ /м ³	0,974
Эквивалентный диаметр, мм	36,3

Масса насадки:

$$m_H = (1 - \varepsilon_{CB}) \cdot L \cdot 0,785 \cdot D_{BH}^2 \cdot \rho_{CT}, \quad (4.1.4.5)$$

где $\varepsilon_{CB} = 0,974 \text{ м}^3/\text{м}^3$ – свободный объем насадки;

L – длина слоя насадки в смесителе, м;

ρ_{CT} – плотность материала насадки (сталь).

$$m_H = (1 - 0,974) \cdot 0,8 \cdot 0,785 \cdot 0,18^2 \cdot 7900 = 4,17 \text{ кг.}$$

4.1.4.5 Расчет опор аппарата

Объем смесителя:

$$V = L \cdot F = L \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0,8 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,18^2}{4} = 0,02 \text{ м}^3$$

Масса смеси в смесителе будет равна:

$$M_{см} = \rho_{см} \cdot V = 693 \cdot 0,02 = 13,86 \text{ кг.}$$

Масса обечайки:

$$M_{об} = L \cdot \pi \cdot D \cdot s \cdot \rho_{стали} = 0,8 \cdot 3,14 \cdot 0,18 \cdot 0,004 \cdot 7860 = 14,22 \text{ кг.}$$

Масса фланцев:

$$M_{ф} = 1,39 \cdot 2 = 2,78 \text{ кг.}$$

Общая масса аппарата с добавкой на другие детали 30% равна:

$$M = 1,3(M_{ф} + M_{об} + M_{см}), \quad (4.1.4.6)$$

$$M = 1,3 \cdot (2,78 + 14,22 + 13,86) = 40,12 \text{ кг.}$$

Тогда вес аппарата равен $393,18Н$. Примем количество опор равное 2, следовательно, на каждую опору нагрузка равна $197Н$ или $0,000197МН$.

По табл. 29.10 определены основные требования к опорам цилиндрических аппаратов горизонтального расположения с учетом наличия теплоизоляционных материалов. Опора (лапа) выбирается исходя из допустимой нагрузки на одну лапу[28].

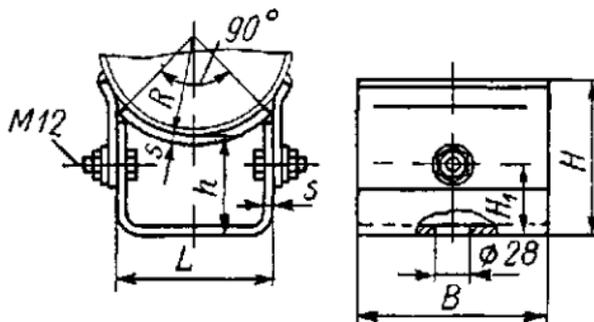


Рисунок 10 – Опора

Таблица 17 – Параметры и размеры опор[28]

D_H	L	B	H	H_1	h	R	s	Масса,
-------	---	---	---	-------	---	---	---	--------

Мм								кг
159	125	150	120	55	75	80	8	5,18

4.1.5 Гидравлический расчет

Критерий Рейнольдса определяется выражением:

$$Re = \frac{\omega \cdot D \cdot \rho}{\mu}, \quad (4.1.5.1)$$

где ω – скорость потока в аппарате, м;

D – диаметр аппарата, м/с;

ρ – плотность смеси, кг/м³;

μ – вязкость смеси, Па · с.

Динамическую вязкость и плотность смеси берем из таблицы 12.

Скорость потока в аппарате примем равной 2 м/с.

$$Re = \frac{2 \cdot 0,18 \cdot 693}{0,00051} = 489176.$$

Полученное значение критерия Рейнольдса соответствует турбулентному режиму течения ($Re > 10000$).

Абсолютную шероховатость стенок аппарата принимаем равной $\Delta = 0,2 \cdot 10^{-3}$. Тогда относительная шероховатость стенок аппарата равна:

$$e = \frac{\Delta}{D} = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{0,18} = 0,0011. \quad (4.1.4.2)$$

Коэффициент трения определяется по формуле:

$$\lambda = 0,11 \left(e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(0,0008 + \frac{68}{489176} \right)^{0,25} = 0,019. \quad (4.1.4.3)$$

Гидравлическое сопротивление аппарата рассчитываем по формуле:

$$\Delta p = \lambda \frac{L \cdot \omega^2 \rho}{D \cdot 2} = 0,019 \cdot \frac{0,8 \cdot 2^2 \cdot 693}{0,18 \cdot 2} = 117,04 \text{ Па} \quad (4.1.4.4)$$

где, L, D – длина и диаметр аппарата, м.

При движении потока смеси через неподвижный слой насадки, величина перепада давления может быть найдена с помощью уравнения Эргуна [26]:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{1,75\rho(1 - \varepsilon_{CB})}{d_3 \varepsilon_{CB}^3} \omega^2 + \frac{150\mu(1 - \varepsilon_{CB})^2}{d_3^2 \varepsilon_{CB}^3} \omega, \quad (4.1.4.5)$$

где μ и ρ – динамическая вязкость и плотность жидкости, Па·с и кг/м³;

ε_{CB} – порозность среды, м³/м³;

d_3 – эквивалентный диаметр, м.

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{1,75 \cdot 693 \cdot (1 - 0,974)}{36,3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,974^3} 2^2 + \frac{150 \cdot 0,00051 \cdot (1 - 0,974)^2}{(36,3 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,974^3} 2 = 3760,28 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

Помножим на длину аппарата:

$$\Delta P = 3760,28 \cdot 0,8 = 3008,23 \text{ Па.}$$

4.1.6 Автоматизация процесса смешения

Измерительные приборы и автоматические устройства обеспечивают оптимальное протекание технологического процесса, недоступное ручному управлению. Поэтому автоматизация позволяет наиболее эффективно использовать все ресурсы производства, улучшить качество выпускаемой продукции и значительно повысить производительность труда.

Возмущающее воздействие, вызывающее отклонение качества смеси от требуемого, связанных с изменением расходов компонентов смеси, а так же их свойств. Регулирующим воздействием являются изменение расхода подаваемых компонентов. На рис. 11 представлена упрощенная технологическая схема процесса смешения бензина с присадкой.

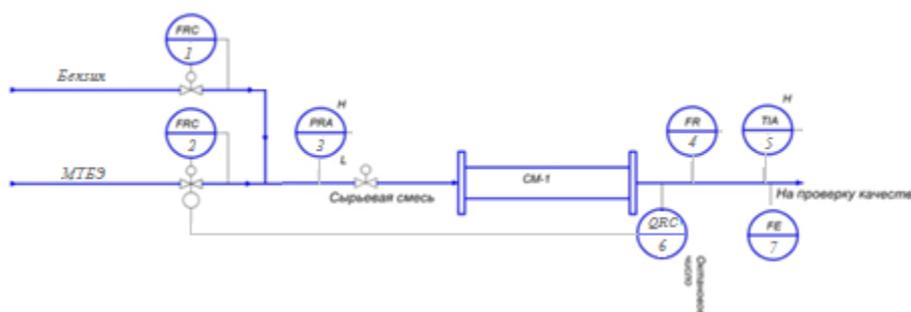


Рисунок 11 – Автоматизация и управление процессов

В данном случае заданная смесь формируется из двух компонентов – бензина и МТБЭ. Расход сырья на входе в смеситель регулируется расходомерами 1 и 2. Давление в системе измеряется манометром 3. На выходе

из смесителя, для того чтобы проследить за качеством полученного бензина установлен октанометр 6. Термометр 5 измеряет температуру смеси.

Все приборы, используемые для автоматизации и управления процессом, выбраны в соответствии диапазона необходимых измерений, с учетом того, что среда является агрессивной и взрывоопасной.

Расходомер вихревого принципа действия

Преобразователи вихревого принципа действия предназначены для осуществления возможности непрерывного измерения расхода жидкости, газов и пара. Процесс измерения происходит в режиме реального времени. Расходомер представляет собой полностью законченное оборудование, которое для своей работы не требует приобретения какого-либо дополнительного оборудования.



Рисунок 12 - Расходомер вихревого принципа действия

Характеристика преобразователя расхода:

- рабочее избыточное давление, которое возникает в трубопроводе: не более 15,8 МПа;
- диапазон условных диаметров трубопроводов "Ду": от 15 до 300 мм;
- диапазон основной относительной погрешности измеряемого массового или объемного расхода: для жидкостей $\pm 0,65\%$; для газов или паров $\pm 1,35\%$;

Технические данные расходомеров

- напряжение питания: (в зависимости от модели ИП): от 10,8 до 32 В постоянного тока;

- диапазон температур окружающей среды: от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$ (при применении расходомеров с ЖКИ: от -20°C до $+85^{\circ}\text{C}$ для расходомеров с ЖКИ);
- избыточное давление, возникающее в трубопроводе: не более 25 МПа;
- диаметр условного прохода используемого трубопровода: от 15 до 300 мм;
- диапазон измеряемого расхода: от 0,4 до 1395 м³/ч (при измерении расхода воды);
- цифровой выход: поддержка протокола HART, протокол "foundation fieldbus"; выходной аналоговый сигнал: 4-20 мА;

Датчик температуры с выходным унифицированным сигналом по току исполнения ТСМУ

Температура на выходе из смесителя измеряется датчиком температуры с выходным унифицированным сигналом по току исполнения ТСМУ.



Рисунок 13 - Датчик температуры с выходным унифицированным сигналом по току

Преимущества при использовании предлагаемых датчиков температуры:

- предлагаемое оборудование устойчиво к воздействию на нее температуры окружающей среды в диапазоне от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$;
- наличие версии взрывозащищенного исполнения "Ex" - для исполнения термопары во взрывоопасной зоне.

Используются для измерения температуры в непрерывном режиме таких сред как: жидкостей, сухого или влажного пара, газовых смесей, используемых на объектах в различных отраслях промышленности, а также для преобразования измеренных значений в выходной унифицированный сигнал по току в диапазоне от 0 до 5 мА или в диапазоне от 4 до 20 мА [31].

Предел основной допускаемой погрешности термопары составляет $\pm 0,5$ или $\pm 1,0\%$ [31].

Октанометр ПЭ-7300

Октанометр ПЭ-7300 производства группы компаний "Экрос" используется для определения октанового числа автомобильных бензинов и цетанового числа дизельных топлив в процессе оперативного контроля в полевых и лабораторных условиях.



Рисунок 14 - Октанометр ПЭ-7300

Преимущества перед известными аналогами:

- октанометр ПЭ-7300 позволяет анализировать бензины с любыми добавками, в том числе эфирными, аминными, металлодетонаторами и другими.

Технические возможности:

- измеряет октановое число бензинов нефтяного происхождения независимо от типов добавок по моторному и исследовательскому методам;
- принцип действия октанометра основан на сравнении диэлектрических свойств бензинов или дизельных топлив с учетом температурной поправки.

- таблицы аттестованных бензинов (дизельных топлив), программа интерполяции и поправки на температуру исследуемого образца введены в спецпроцессор.

Подключение компьютера:

результаты измерений октановых (цетановых) чисел выводятся на жидкокристаллический дисплей и /или на экран компьютера.

- низковольтное питание, удовлетворяющее требованиям безопасности.

- эталонная программа не требует калибровки при проведении измерений [31].

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. Для данного проекта целевым рынком являются предприятия нефтехимической отрасли.

Продуктом (результат НИР) – производство высокооктановых бензинов

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. В таблице 4.1 представлен сравнительный анализ проекта(ф),

разработанного в рамках выполнения ВКР и двух конкурентных моделей(к1)и(к2)[15],[16],выполненных в 2015 и 2016 годах соответственно.

Таблица 18-Сравнительный анализ

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Увеличение производительности труда пользователя	0,09	3	4	3	0,27	0,36	0,27
Удобен в эксплуатации (соответствует требованиям потребителя)	0,09	4	4	4	0,36	0,36	0,36
Помехоустойчивый	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
Энергоэкономичный	0,08	5	5	4	0,4	0,4	0,32
Надежный	0,08	3	4	4	0,24	0,32	0,32
Низкий уровень шума	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
Безопасный	0,09	4	4	5	0,36	0,36	0,45
Потребность в ресурсах памяти	0,02	3	4	4	0,06	0,08	0,08
Функциональная мощность	0,03	3	3	3	0,09	0,09	0,09
Прост в эксплуатации	0,03	5	5	4	0,15	0,15	0,12
Качественный интеллектуальный интерфейс	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15

Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,02	3	3	3	0,06	0,06	0,06
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,07	5	4	5	0,35	0,28	0,35
Уровень проникновения на рынок	0,04	3	3	4	0,12	0,12	0,16
Цена	0,06	5	5	5	0,3	0,3	0,3
Срок эксплуатации	0,02	5	5	4	0,1	0,1	0,08
Послепродажное обслуживание	0,03	3	3	4	0,09	0,09	0,12
Финансирование научной разработки	0,05	3	4	5	0,15	0,2	0,25
Сроки выхода на рынок	0,03	3	4	4	0,09	0,12	0,12
Наличие сертификации разработки	0,04	4	5	5	0,16	0,2	0,2
Итого	1	75	80	80	3,82	4,06	4,07

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * V_i, \quad (5.1.1)$$

где K – конкурентоспособность инженерного решения или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ это необходимый элемент исследований, предварительный этап при составлении стратегических и маркетинговых планов, представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. SWOT-анализ применяют для того, чтобы проанализировать сильные и слабые стороны организации, а также угрозы и возможности со стороны внешней среды. Он проводится в несколько этапов [26]

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экономичность С2. Экспрессность С3. Экологичность	Слабые стороны научно-исследовательского про-екта: Сл1.Отсутствие необходимого оборудования для проведения эксперимента Сл2.Большой срок поставок материалов ля проведения эксперимента Сл3. Зависимость результатов расчета от эксперимента
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Сокращение времени определения октанового числа бензина	Результаты анализа полей «С и В» 1 Анализ позволяет определить дальнейшую направленность разработки экспресс-методов определения ОЧ бензинов. 2 Невысокая себестоимость проекта привлечет больше	Результаты анализа полей «Сл и В» 1 Привлечение новых поставщиков материалов для исследования 2 Привлечение новых интеллектуальных ресурсов 3Приобретение новейшего

	исполнителей	оборудования опытного образца
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые методы расчета октанового числа У2. Развитая конкуренция технологий производства У5. Исчерпание природных ресурсов	Результаты анализа полей «Сильные стороны и угрозы» 1. Продвижение новых методик с целью появления спроса 2. Применение технологии к альтернативным топливам	Результаты анализа полей «Слабые стороны и угрозы» 1. Приобретение новейшего оборудования 2. Продвижение новой методики с целью появления спроса

5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Коммерциализация проекта – это привлечение инвесторов для финансирования деятельности по реализации этого проекта из расчета участия в будущих прибылях в случае успеха. Для этого должна быть разработана стратегия (форма) реализации научной разработки, должны быть проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот. Также нужно учесть вопросы финансирования коммерциализации научной разработки. И должна быть команда для коммерциализации научной разработки. В таблице 20 произведена оценка готовности нашего научного проекта к коммерциализации.

Таблица 20 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности	Уровень имеющихся знаний у разработчика
--------------	-------------------------	---

	научного проекта	
Определен имеющийся научно-технический задел	4	5
Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
Определены отрасли и технологии для предложения на рынке	3	4
Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	5
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	4
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	5
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
Разработан бизнес-план	4	4

коммерциализации научной разработки		
Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	2
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
Проработан механизм реализации научного проекта	3	4
ИТОГО БАЛЛОВ	44	50

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле [26]:

$$B_{\text{сумм}} = \sum B_i, \quad (5.1.2)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Значение степени проработанности научного проекта составило 44, что говорит о средней перспективности. Значение уровня имеющихся знаний у разработчика составило 50 баллов, т. е. перспективность выше среднего.

5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Методом коммерциализации научной разработки был выбран инжиниринг. Данный метод предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции [27].

5.3 Планирование научно – исследовательских работ

5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе составлен перечень этапов проведения работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждения технического задания	Руководитель
Литературный обзор	2	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	Бакалавр
Постановка задачи исследования	3	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Бакалавр
Экспериментальная часть	4	Проведение экспериментов	Бакалавр, магистр
Результаты и обсуждения	5	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями; оценка эффективности проведенных исследований;	Руководитель, магистр, бакалавр

		определение целесообразности проведения ОКР	
Разработка презентации и раздаточного материала	6		Бакалавр
Оформление	7	Оформление результатов по охране труда; оформление экономической части работы; составление пояснительной записки	Бакалавр

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Ожидаемая трудоемкость выполнения [39]:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (5.3.1)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Ожидаемая трудоемкость для этапов работы приведенных в таблице 21 рассчитывается по формуле (5.4):

$$t_{ож1} = \frac{3 * 1 + 2 * 2}{5} = 1,4, \text{ чел.-дн.} \quad (5.3.2)$$

Для остальных этапов расчет аналогичен. Результаты в Приложении Б. Продолжительность каждой работы в рабочих днях [39]:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (5.3.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Продолжительность каждого этапа работы приведенных в таблице 23 рассчитывается по формуле (5.6):

$$T_{pi} = \frac{1,4}{1} = 1,4, \quad (5.3.4)$$

Для другие из этапов расчет аналогичен. Результаты в Приложении Г.

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (5.3.5)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (5.3.6)$$

где – $T_{\text{кал}}$ количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365-105-11} = 1,5$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе необходимо округлить до целого числа.

На основе таблицы 21 построен календарный план-график (Приложение В) по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования [26].

5.4 Бюджет научного исследования

5.4.1 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле [27]:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi}, \quad (5.4.1)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, отражены в таблице 23.

Таблица 23 - Расчет затрат на сырье

п/п	Наименование затрат	Единица измерений	Расход	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
1	Бензиновый дистиллят прямогонный	л	1,5	6,7	10
2	ММА	л	0,0036	137	0,49
3	МТБЭ	л	0,06	105,5	6,33
4	Толуол	л	0,07	36	2,52
Итого					19,34

5.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 24.

Таблица 24 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Мощность электроприбора, кВт	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Сушильный шкаф	1	13000	2	13000
2	Пробирка 10 мл	10	20		200
3	Пробирка 50 мл	1	30		30
4	Мерный стакан 400 мл	1	124		124
5	Мерный цилиндр стеклянный 250мл	2	425		850
6	Октанометр «Октан-Им»	1	52900		52900
Итого:					67104

5.4.3 Расчет затрат на электроэнергию

Расчет затрат на электроэнергию определяется по формуле [26]:

$$E_{\text{э}} = \sum N_i * T_{\text{э}} * C_{\text{э}}, \quad (5.4.2)$$

где N_i - мощность электроприборов по паспорту, кВт;

$T_{\text{э}}$ - время использования электрооборудования, час;

$C_{\text{э}}$ - цена одного кВт*ч, руб.

$$C_{\text{э}} = 2,17 \text{ руб/ кВт*ч}$$

$$E_{\text{э}} = \sum N_i * T_{\text{э}} * C_{\text{э}} = 2 \cdot 25 \cdot 2,17 = 108,5 \text{ р.}$$

5.4.4 Расчет заработной платы исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 10 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ и дополнительную заработную плату [26]:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (5.4.3)$$

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле [26]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_{\text{р}}, \quad (5.4.4)$$

Дополнительная заработная плата рассчитывается формуле[26]:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}, \quad (5.4.5)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,07%).

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (5.4.6)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 21).

Для руководителя:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{30244,33 \cdot 11,2}{249} = 1360,39 \text{ руб}$$

Расчет основной заработной платы сводится в таблице 25.

Таблица 25 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	23264,866	1,3	30244,33	1360,39	10	13603,9
Бакалавр	2800	1,3	3640	163,72	98	16044,56
Магистрант	4500	1,3	5850	263,13	42	11051,46

5.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [26]:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (5.4.7)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

5.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и

телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [27]:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей 1:6}) * k_{\text{нр}}, \quad (5.4.8)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 5,5%.

5.4.7 Формирование бюджета затрат научно исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 26.

Таблица 26 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Руководитель	Бакалавр	Магистрант
Мат.затраты	19,34	19,34	19,34
Затраты на спец. оборудование	46700	46700	46700
ЗП. Основная	13603,9	16044,56	11051,46
ЗП. Дополнительная	1768,507	2085,79	1436,68
Отчисления во ВнФ	4165,92	-	-

Накладные расходы	10601,22	10375,95	9473,2
Бюджет НИИ	76858,85	75225,64	68680,68

Согласно полученным результатам бюджет затрат НИИ составляет 220765,17 рублей.

5.4.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как [39]:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} , \quad (5.4.9)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{ф}}^1 = 220765,17 / 372930,6 = 0.59;$$

$$I_{\text{ф}}^2 = 372930,6 / 372930,6 = 1;$$

$$I_{\text{ф}}^3 = 167189,85 / 372930,6 = 0.44.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 26.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \quad \text{и т.д.}, \quad (5.4.10)$$

$$I_{исп}^1 = 3,82/0,59 = 6,47;$$

$$I_{исп}^2 = 4,06/1 = 4,06;$$

$$I_{исп}^3 = 4,07/0,44 = 9,25.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$) [39]:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}, \quad (5.4.11)$$

Таблица 27 - Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Проект	Исп.2	Исп.3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,59	1	0,44
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,82	4,06	4,07
Интегральный показатель эффективности	6,47	4,06	9,25
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,6		0,69

В результате проведенной работы была спроектирована и создана конкурентоспособная разработка, отвечающая современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

6 Социальная ответственность

Одной из важнейших задач на производстве является стремление улучшить рабочие условия и охрану труда, обеспечить промышленную и экологическую безопасность.

Для этого необходимо совершенствовать законодательную и нормативную правовую базу, применять систему социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также повысить роль экспертизы условий труда, для того, чтобы создать безопасные условия труда, разработать и внедрить безопасную технику и технологии. Для работников, которые задействованы во вредных и опасных условиях труда, содействие развитию системы после сменной реабилитации и профилактики стресса, а так же согласно документу [27], для снижения вредного воздействия химических факторов (969 компонентов), биологических (микроорганизмы, препараты с живыми клетками) и физических (ионизирующие излучения) работникам выдается молоко питьевое в количестве 0,5 литра за смену для выведения из организма токсических веществ (возможна замена молока равноценными продуктами, согласно Приложению N1 [8] или же денежная выплата).

Ввести нормы, позволяющие более четко оценить влияние средств индивидуальной защиты на снижение уровня профессионального риска.

Реализация программы действий по улучшению условий и охраны труда, направленных на снижение смертности от производственного травматизма и предотвращение возникновения профессиональных заболеваний.

Современные технологии могут позволить усовершенствовать комплексную подготовку персонала по охране труда.

Разработать и внедрить современные системы экологического аудита [28].

6.1 Производственная санитария

Под термином «производственной санитарией» подразумевают систему организационных мероприятий и технических средств, которые предотвращают или уменьшают до нормированных уровней воздействия на работающие вредные производственные факторы. В условиях химических лабораторий задачами производственной санитарии является предупреждение профессиональных отравлений, предотвращение воздействия на работающих ядовитых и раздражающих веществ, производственной пыли, шума и других вредных факторов, определение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе производственных помещений, разработка и эксплуатация средств индивидуальной защиты, система вентиляции и отопления, рационального освещения и т.п. [29].

6.2 Характеристика используемых веществ

Вредные вещества могут попасть в организм человека разными способами, основным путем является проникновение через дыхательные пути, через кожу, вместе с пищей, если принимать ее находясь на рабочем месте. Эти вредные вещества оказывают негативное (токсическое) действие на организм человека. Впоследствии, под воздействием этих веществ, возникает отравление, т.е. болезненное состояние, тяжесть которого зависит от многих факторов, таких как: продолжительность воздействия, концентрация и вид вредного вещества.

Бензин относится к группе растворителей наркотического типа действия. Токсическое действие разных сортов его зависит от химического состава и, в частности, от количества в нем ароматических углеводородов.

При длительном воздействии небольших концентраций паров бензина у некоторых больных возможно возникновение хронического отравления бензином, к этому могут присоединяться физическое истощение (потеря в

массе), сосудистые нарушения, явления ангиоспазма периферических сосудов конечностей, склонность к сосудистым кризам, тремор рук. Относится к 4 классу опасности, ПДК – 100 мг/м³ [30].

В качестве октаноповышающей добавки использовался толуол - бесцветная подвижная летучая жидкость с резким запахом, пары которого легко образуют взрывоопасные смеси, воспламеняющиеся даже от искры статического электричества. Толуол – токсичный продукт (класс опасности – третий). Пары толуола при высоких концентрациях оказывают наркотическое воздействие на человека, вызывая сильные галлюцинации и диссоциативное состояние. Повышенные концентрации паров толуола также оказывают вредное влияние на нервную систему человека, раздражающе действуют на кожу, а также на слизистые оболочки глаз. Являясь сильно токсичным ядом, он влияет на функцию кроветворения организма. Результатом нарушения кроветворения являются такие заболевания, как цианоз, гипоксия. Пары проникают через органы дыхания или неповрежденную кожу, вызывают поражение нервной системы (наблюдается заторможенность и нарушения работы вестибулярного аппарата. Иногда эти процессы необратимые. В воздухе рабочей зоны нормативными документами регламентируется предельно допустимое содержание паров:

- максимально разовая концентрация – 150 мг/м³;
- среднесменная концентрация – 50 мг/м³.

Также в качестве присадки использовался МТБЭ -бесцветная жидкость с эфирным запахом. По степени воздействия на организм метил-трет-бутиловый эфир относится к 4 классу опасности — веществам малоопасным в соответствии с ГОСТ 12.1.007. Установлено, что постоянное воздействие МТБЭ на лиц, контактирующих с бензином, вызывает такие заболевания, как астма, кратковременная потеря памяти, головная боль, раздражение кожи. Этот эфир оказывает токсическое действие, угнетающее центральную нервную систему [30].

В лаборатории использовался ММА - N-метиланилин , который относится ко второму классу опасности и обладает острым токсическим действием. Высоко опасное по воздействию на организм вещество. Оно поражает органы, ткани и системы человека: центральную и периферическую нервную, сосудистую и дыхательную систему, систему крови, печень, почки.

Также использовался анилин, который является высокотоксичным веществом. Отравления возможны и при вдыхании паров, и при попадании жидкого анилина на кожу. Поражает центральную нервную систему и вызывает изменения крови. Класс опасности – 2. Предельно допустимая концентрация анилина в воздухе рабочей зоны 0,1 мг/м³ [31].

При работе в лаборатории использовался этиловый спирт. При поступлении в организм он воздействует на кору головного мозга. При этом наступает опьянение с характерным алкогольным «возбуждением». Относится к 4 классу опасности, ПДК паров этилового спирта в воздухе рабочей зоны производственных помещений - 1000 мг/м³ [31].

Таблица 28 – Предельно-допустимые концентрации токсичных веществ в воздухе рабочей зоны (ГН 2.2.5.1313-03)

Наименование	ПДК р.з.,м г/м ³	Класс опаснос ти	Примечание
Бензин	100	4	При длительном воздействии небольших концентраций паров бензина возможно возникновение хронического отравления бензином, к этому могут присоединяться физическое истощение (потеря в массе), сосудистые нарушения, явления ангиоспазма периферических

			сосудов конечностей, склонность к сосудистым кризам, тремор рук.
Толуол	50	3	<p>Пары толуола при высоких концентрациях оказывают наркотическое воздействие, вызывая сильные галлюцинации и диссоциативное состояние. Повышенные концентрации паров толуола также оказывают вредное влияние на нервную систему человека, раздражающе действуют на кожу, а также на слизистые оболочки глаз. Являясь сильно токсичным ядом, он влияет на функцию кроветворения организма. Пары проникают через органы дыхания или неповрежденную кожу, вызывают поражение нервной системы.</p>
МТБЭ	100	4	<p>Постоянное воздействие МТБЭ на лиц, контактирующих с бензином, вызывает такие заболевания, как астма, кратковременная потеря памяти, головная боль, раздражение кожи. Этот эфир оказывает токсическое действие, угнетающее центральную нервную систему</p>
ММА	0,5	2	<p>Опасное по воздействию на организм вещество. Оно поражает органы,</p>

			ткани и системы человека: центральную и периферическую нервную, сосудистую и дыхательную систему, систему крови, печень, почки.
Анилин	0,1	2	Отравления возможны и при вдыхании паров, и при попадании жидкого анилина на кожу. Поражает центральную нервную систему и вызывает изменения крови.
Этиловый спирт	1000	4	При поступлении в организм воздействует на кору головного мозга. При этом наступает опьянение с характерным алкогольным «возбуждением»

Требования к технике безопасности обязательны к соблюдению для работающих в химической лаборатории [33]:

1. Работать с химическими реактивами в лаборатории должны не менее двух сотрудников.
2. Работники, до того как приступить к работе, должны осмотреть и привести в порядок свое рабочее место, освободить его от ненужных для работы предметов.
3. Осуществить проверку исправности оборудования, рубильников, наличие заземления и пр.
4. Работу с едкими и ядовитыми веществами, а также с органическими растворителями проводить только в вытяжных шкафах.

5. Строго запрещается набирать реактивы в пипетки ртом, использовать резиновую грушу или другие устройства.

6. При определении запаха химических веществ следует нюхать осторожно, направляя к себе пары или газы движением руки.

7. Если при работе, существует возможность повышения давления, перегрева стеклянного прибора или его поломка с разбрызгиванием горячих или едких продуктов, выполнять ее следует в вытяжных шкафах. Необходимо надеть защитные очки (маску), перчатки и фартук.

8. Створки вытяжного шкафа следует поднимать на высоту не более 20 - 30 см так, чтобы в шкафу находились только руки, а наблюдение за ходом процесса вести через стекла шкафа.

9. Необходимо включать и выключать вытяжную вентиляцию не менее чем за 30 минут до начала, и после окончания работ.

10. Смешивать или разбавлять химические вещества, сопровождающиеся выделением тепла, следует только в термостойкой или фарфоровой посуде.

11. При упаривании в стаканах растворов, тщательно перемешивать их, так как нижний и верхний слои растворов имеют различную плотность, вследствие чего может произойти выбрасывание жидкости.

12. Нельзя наклоняться над посудой, в которой кипит какая-либо жидкость, во избежание ожогов, поражений от брызг и выбросов.

13. Нагревание посуды из обычного стекла на открытом огне без асбестированной сетки запрещено.

14. При нагревании жидкости в пробирке держать ее отверстием в сторону от себя и от остальных сотрудников.

15. Ни при каких обстоятельствах нельзя допускать нагревание жидкостей в колбах или приборах, не сообщающихся с атмосферой.

16. Нагретый сосуд нельзя закрывать притертой пробкой до тех пор, пока он не охладится до температуры окружающей среды.

6.3 Метеоусловия

В процессе труда в производственном помещении человек находится под влиянием определенных метеорологических условий, или микроклимата – климата внутренней среды этих помещений.

Метеоусловия производственной среды регламентируются [34].

Температура воздуха в лаборатории должна быть:

- 1) в холодный и переходный периоды 16 – 22 °С;
- 2) в теплый период 18 – 25 °С.

Влажность воздуха не должна превышать 30 – 60 %, скорость движения воздуха 0,2 – 0,5 м/с.

В лаборатории создание микроклимата обеспечивается работой форточек, дверей, приточной вытяжной вентиляцией, отопительными приборами. Кратность воздухообмена – отношение объема воздуха, подаваемого в помещение или удаляемого из него за 1 час, к объему помещения, – при сохранении комнатной температуры должна быть в пределах 4 – 6 час⁻¹.

Летом помещения проветриваются с помощью вентиляторов и кондиционеров. В зимнее время помещения нагревают центральным отоплением.

6.4 Производственное освещение

Освещение помещений и рабочих мест – это один из главнейших элементов благоприятных условий труда. Недостаточное освещение рабочего места затрудняет проведение работ, снижает производительность труда, приводит к созданию опасных ситуаций и негативно влияет на здоровье работников.

Существует несколько видов производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное.

Естественным освещением является изменяющаяся освещенность на рабочих местах в течение суток года, которое обуславливается световым

климатом. Поэтому данное освещение нормируется по «коэффициенту естественной освещенности» (КЕО) или (e) естественного освещения.

Коэффициент естественной освещенности равен [35]:

$$e = \frac{E_M}{E_N} 100\% , \quad (6.1)$$

где e — коэффициент естественной освещенности, E_M — естественная освещенность в точке M внутри помещения, а E_N — наружная освещенность на горизонтальной поверхности.

Нормирование естественного освещения сводится к нормированию коэффициента естественного освещения (КЕО) в соответствие с санитарными нормами и правилами. Величина КЕО при верхнем или комбинированном естественном освещении должна быть равна 4%, а при боковом – 1.5% [34] Естественное освещение создается источниками света природного характера. Его характеристики, прежде всего, зависят от времени суток, но так же определяются и географическим положением местности, временем года и состоянием атмосферы.

Естественное освещение для человека физиологически необходимо и наиболее благоприятно, но оно не может в полной мере обеспечить его нормальную жизнедеятельность. Из-за этого еще в древности люди начали искать к нему дополнение – искусственное освещение.

Существует несколько видов искусственного освещения.

1. Общее - равномерное распределение света по всей площади. Это достигается за счет соблюдения одинакового расстояния между светильниками, которые равномерно рассеяны.

2. Местное – необходимо чтобы выделить нужные объекты или зоны Источник света при этом располагают на определенном участке: рабочем столе или части стены.

Перечисленные выше виды освещения имеют свои недостатки. Так, общее освещение исключает возможность изменения направления основного светового потока, а так же имеет чрезмерную рассеянность света.

Местное освещение наоборот позволяет выделить только конкретный участок комнаты, который ярко освещается локализованным источником света.

3. Комбинированное - совмещение местного и общего света вместе, наиболее часто применяемый вариант.

4. Аварийное – применяются там, где отключение света может стать причиной получения серьезных травм.

5. Рабочее освещение обязательно во всех помещениях и на освещаемых территориях для обеспечения нормальной работы людей и движения транспорта.

6. Дежурное освещение включается во вне рабочее время.

Требования, которые предъявляют к системам производственного освещения [35]:

- соответствие уровня освещенности рабочих мест характеру выполняемой зрительной работы;

- равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве;

- отсутствие резких теней, прямой и отраженной блескости (повышенной яркости светящихся поверхностей, вызывающей ослепленность);

- постоянство освещенности во времени;

- оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока;

- долговечность, экономичность, электро- и пожаробезопасность, эстетичность, удобство и простота в эксплуатации.

В лаборатории, где проводилось исследование, используется комбинированная система освещения. [37].

6.5 Электробезопасность

Работа проводилась в химической лаборатории, где находится следующее электрооборудование: сушильные шкафы, муфельные печи, электрические плитки. Это оборудование может вызвать опасность поражения электрическим током.

При прохождении через организм человека электрический ток оказывает следующие виды воздействия:

1. термическое – ожоги, нагрев кровеносных сосудов;
2. электролитическое – разложение крови и лимфатической жидкости;
3. биологическое – раздражение и возбуждение живых тканей организма, сопровождающееся непроизвольными судорогами мышц, тела, сердца, легких, что приводит к нарушению или полному прекращению деятельности отдельных органов, систем дыхания и кровообращения.

Требования по электробезопасности при работе с электроустановками [39]:

1. Все электрооборудование с напряжением свыше 42В, а также оборудование и механизмы, которые могут оказаться под напряжением, должны быть надежно заземлены.

2. Для отключения электросетей на вводах должны быть рубильники или другие доступные выключающие устройства. Отключение всей сети, за исключением дежурного освещения, производится общим рубильником.

3. В целях предотвращения электротравматизма запрещается:
 - работать на неисправных электрических приборах и установках;
 - перегружать электросеть;
 - переносить и оставлять без надзора включенные электроприборы;
 - работать вблизи открытых частей электроустановок, прикасаться к ним;
 - загромождать подходы к электрическим устройствам.

4. Обо всех обнаруженных дефектах в изоляции проводов, неисправности рубильников, штепсельных вилок, розеток, а также заземления и ограждений следует немедленно сообщить электрику.

5. В случае перерыва в подаче электроэнергии все электроприборы должны быть немедленно выключены.

6. Запрещается использование в пределах одного рабочего места электроприборов класса «0» и заземленного электрооборудования.

7. Категорически запрещается прикасаться к корпусу поврежденного прибора или токоведущим частям с нарушенной изоляцией и одновременно к заземленному оборудованию (другой прибор с исправным заземлением, водопроводные трубы, отопительные батареи), либо прикасаться к поврежденному прибору, стоя на влажном полу.

8. При поражении электрическим током необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от действия электрического тока, отключив электроприбор, которого касается пострадавший. Отключение производится с помощью выключателя или рубильника.

9. При невозможности быстрого отключения электроприбора необходимо освободить пострадавшего от токоведущих частей деревянным или другим, не проводящим ток предметом источник поражения.

10. Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача.

Лаборатория, где проводилась НИР, относится к 1 классу, то есть к помещениям без повышенной опасности – это сухое (влажность менее 60%), не пыльное помещение с нормальной температурой и изолирующими полами.

6.6 Пожаровзрывобезопасность

Лаборатория кафедры топлива относится к невзрывоопасным по степени пожароопасности – к категориям «А» – производства, связанные с обращением с легковоспламеняющимися жидкостями, а также обработкой несгораемого материала согласно [40].

Взрывоопасная среда в лаборатории может образоваться вследствие пролива растворителей. Легковоспламеняющиеся жидкости нельзя нагревать на открытом огне, также держать вблизи открытого огня. Жидкости нагревают на водяной бане. Огнеопасные вещества нельзя сливать в канализацию, слив производится в специальные сосуды.

При возникновении пожара необходимо принять все меры по его локализации и тушению. Для этого должен быть обеспечен проход между лабораторными столами, выходы недопустимо загромождать различными предметами. При возникновении возгорания все сотрудники должны действовать четко, в соответствии с заранее разработанной программой согласно инструкции.

Для тушения возможного загорания и пожаров лаборатория оснащена специально оборудованным щитом, на котором установлены:

а) огнетушитель углекислотный газовый типа ОУ – 2 для тушения всех видов горючих веществ и электроустановок, кроме веществ, горящих без доступа воздуха;

б) порошковый огнетушитель ОПС – Ю, предназначенный для тушения небольших очагов возгорания щелочных металлов;

в) ручной пенный огнетушитель ОХП, применяемый для тушения установок, находящихся под напряжением;

г) асбестовое одеяло, которое используется при тушении обесточенных электропроводов, горячей одежды;

д) ящик с песком для тушения обесточенных горящих на горизонтальной поверхности проводов.

Таким образом, лаборатория, где была выполнена данная дипломная работа, оснащена всеми противопожарными устройствами и соответствует требованиям пожарной безопасности [41].

6.7 Охрана окружающей среды

Химическая лаборатория не является особо опасным объектом воздействия на окружающую среду.

Существует два подхода к проблеме защиты окружающей среды:

- путем максимально эффективной очистки;
- создать замкнутую безотходную технологическую систему.

Для лаборатории наиболее применим первый путь. Для таких выбросов, как пары органических растворителей существуют следующие методы очистки:

- для первой группы перечисленных веществ – адсорбционные и электрохимические методы. В условиях лаборатории наиболее применим адсорбционный метод;

- для второй группы – адсорбционные методы с последующей десорбцией и сжиганием паров (каталитическое сжигание в печах) [42]

6.7.1 Воздействие на атмосферу

Так как в условиях лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то можно ограничиться только адсорбцией. Для этого в лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки, поверх которых уложен слой адсорбента. В качестве адсорбента наиболее часто используют активированный уголь. Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, очищается от вредных газов и паров [42]. Таким образом, вредного воздействия на атмосферу нет.

6.7.2 Воздействие на гидросферу

Все выбросы в канализацию также необходимо подвергать обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой. Отработанные органические сливы собираются в специальную герметически закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на

обезвреживание и утилизацию [44]. Таким образом, вредного воздействия на гидросферу нет.

6.7.3 Воздействие на литосферу

Твердые отходы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения. Таким образом, вредного воздействия на литосферу нет.

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов имеет огромное экономическое и социальное значение.

Соблюдение всех правил безопасного ведения процесса в лаборатории позволяет избежать несчастных случаев и тяжелых последствий.

6.8 Чрезвычайные ситуации

Пожаровзрывобезопасность:

Для достижения минимального уровня взрывопожароопасности процесса предусмотрены следующие мероприятия:

- при соблюдении правил эксплуатации оборудования процесс не обладает возможностью взрыва внутри технологической аппаратуры;
- применяемые, обращающиеся и получаемые вещества не обладают способностью реагировать с водой, саморазогреваться и самовоспламеняться, не склонны к произвольному термическому разложению при высоких температурах и давлениях;
- в лаборатории, в вытяжном шкафу отсутствуют открытые поверхности с температурой выше температуры самовоспламенения используемых веществ;
- лаборатория, в которой проводятся работы, оснащена датчиками пожарной безопасности.

Способы и средства пожаротушения:

В соответствии с требованием норм по пожаротушению в лаборатории должны быть предусмотрены первичные и стационарные средства пожаротушения, а также пожарная сигнализация.

Средства пожаротушения:

- первичные средства пожаротушения (огнетушители – пенные ОХП-10, корюшковые ОПУ-10, ОПС-10г, углекислотные ОУ-5, ОУ-8; кошмы, ящики с песком, лопаты и т.д.);

6.9 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить **федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”**. Для реализации этих законов приняты Постановления Правительства РФ “О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда”, “О службе охраны труда”, “О Федеральной инспекции труда” и др. [42]

Управление охраной труда осуществляет блок федеральных органов исполнительной власти, руководимый Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития). Оно осуществляет функции государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере здравоохранения и социального развития, социального страхования, условий и охраны труда и т. д.

Функции по контролю и надзору, которые ранее осуществлялись Санэпиднадзором Минздрава России, **переданы Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор)**.

Федеральная служба по труду и занятости (Роструд) осуществляет функции по надзору и контролю в сфере труда, а также государственный надзор и контроль за соблюдением, в частности, трудового законодательства и нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права; установленного порядка расследования и учета несчастных случаев на производстве.

Федеральное агентство по здравоохранению и социальному развитию (Росздрав) организует деятельность по установлению связи заболевания с профессией, государственной службы медико-социальной экспертизы и др.

Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития (Росздравнадзор) осуществляет контроль за порядком организации осуществления медико-социальной экспертизы; порядком установления степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и др.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) — государственный санитарно-эпидемиологический надзор за соблюдением санитарного законодательства; организует деятельность системы санитарно-эпидемиологической службы РФ.

В федеральном законе “О пожарной безопасности” (1994) определяются общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в России, дается регулирование отношений между органами государственной власти, органами местного самоуправления, предприятиями, организациями, крестьянскими хозяйствами и иными юридическими лицами независимо от форм собственности.[43] Федеральный закон “О промышленной безопасности опасных производственных объектов” (1997) определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций к локализации последствий аварий.

Заключение

В процессе изучения литературных источников определены основные методы исследования, модификации и моделирования эксплуатационных свойств бензинов.

В результате проведения исследований двух проб прямогонных бензинов различных НПЗ, определены их основные физико-химические свойства, которые используются в расчете ОЧ. Были разработаны рецептуры смесей октаноповышающих добавок с прямогонными бензинами. В качестве добавок выбраны ММА, МТБЭ и толуол. Были проведены эксперименты по повышению октанового числа бензинов двух проб. Также были применены расчетные методы вычисления октанового числа смешения бензина с добавками, и вычислена погрешность для каждой добавки. Из графических зависимостей значения октанового числа от концентрации присадки получены формулы для расчета октанового числа смешения для каждой добавки. Был спроектирован насадочный статический смеситель бензиновых композиций.

В дальнейшем планируется продолжать работы по прогнозированию октанового числа смешения бензинов.

Список литературы

1. Емельянов В.Е. Все о топливе. Автомобильный бензин: свойства, ассортимент, применение. - М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2003 -79 с.
2. Гуреев А.А., Жоров Ю.М., Смидович Е.В. Производство высокооктановых бензинов. - М.: «Химия», 2007 - 224 с.
3. Данилов А.М. Присадки и добавки. - М.: «Химия», 2006 - 232 с.
4. Энергосберегающая технология повышения октанового числа газоконденсатных и нефтяных прямогонных бензинов без применения корректирующих добавок. Каталог выпускаемой продукции для УПК. Украина, 2014 -41с.
5. Методы оценки антидетонационных свойств бензинов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://additive.spb.ru/detonation_method.html/. Дата обращения: 23.04.2016.
6. Wolf. G. Hiller, Determination of Gasoline Octane Numbers by ¹H- and W-NMR Spectroscopy. J. prakt. Chem. – 1992
7. Qian-Nan Hu, Yi-Zeng Liang, and Kai-Tai. Fang The Matrix Expression, Topological Index and Atomic Attribute of Molecular Topological Structure. Journal of Data Science (2009), p. 361-389.
8. Alan R. Katritzky and Ekaterina V. Gordeeva. Traditional Topological Indices vs Electronic, Geometrical, and Combined Molecular Descriptors in QSAR/QSPR Research. – 2006.
9. J. Baskar Babujee. Topological Indices and New Graph Structures. Applied Mathematical Sciences, Vol. 6, 2012, no. 108, p. 5383-5401.
10. Computational Graph Theory; Rouvray, D. H., Ed.; Nova Science Publishers, Inc.: New York, 1990.
11. Balaban, A. T.; Joshi, N.; Kier, L. B.; Hall, L. H. Correlations between Chemical Structure and Normal Boiling Points of Halogenated Alkanes C1-C4. J. Chem. In Comput. Sci. 1992, p. 233-237.

12. Химические приложения топологии и теории графов: Пер. Х46 с англ. / Под ред. Р. Кинга. - М.: Мир, 1987. - 560 с., ил.
13. Eddings, E.G.; Sarofim, A.F. (2005). "Formulation of a surrogate for the simulation of jet fuel pool fires". Comb. Sci. Tech. 177: 715–739
14. Development of an Experimental Database and Chemical Kinetic Models for Surrogate Gasoline Fuels W. J. Pitz¹, N. P. Cernansky², F. L. Dryer³, F. N. Egolfopoulos⁴, J. T. Farrell⁵, D. G. Friend⁶, and H. Pitsch 2007-01-0175
15. Чаусов, Ф. Ф. Отечественные статические смесители для непрерывного смешения жидкости [Текст] / Ф. Ф. Чаусов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2009. - № 3. - С. 11-14.
- 16 Брагинский, Л. Н. Перемешивание в жидких средах [Текст]: физические основы и инженерные методы расчета / Л. Н. Брагинский, В. И. Бегачев, В. М. Барабаш. - Л.: Химия, 1984. - 336 с.
17. Васильцов, Э. А. Аппараты для перемешивания жидких сред: справочное пособие [Текст] / Э. А. Васильцов, В. Г. Ушаков – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 272 с.
18. Кравцов, А.В. Системный анализ химико-технологических процессов: учебное пособие [Текст] / А. В. Кравцов, Э. Д. Иванчина, Е. Н. Ивашкина [и др.]. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 96 с.
19. Смеситель статический трубный [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://eco-systema.com/productions/modules/smesitel_statcheskiy/. - Дата обращения: 26.04.2016.
20. Дытнерский, Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст]: пособие по проектированию / Под ред. Ю. И. Дытнерского. - 2-е изд., - Москва: Химия, 1991. – 496 с.
21. Лашинский, А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Текст]: справочник / А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский. - 3-е изд., стереотип. – Москва: ООО ИД «Альянс», 2008. – 752 с.

22. Росприбор [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://росприбор.рф/catalog/>. Дата обращения: 27.04.2016.

23. Криницына З.В., Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно – методическое пособие/Криницына З.В., Видяев И.Г.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

24. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно–методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд–во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

25. Приказ Минздравсоцразвития России от 16.02.2009 N 45н "Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов, Порядка осуществления компенсационной выплаты в размере, эквивалентном стоимости молока или других равноценных пищевых продуктов, и Перечня вредных производственных факторов, при воздействии которых в профилактических целях рекомендуется употребление молока или других равноценных пищевых продуктов" (далее - Приказ N 45н).

26. Федеральный закон от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (извлечение) с последними изменениями, внесенными Федеральным законом от 29 декабря 2010 г. N 437-ФЗ. Охрана труда. Общие положения.

27. Захаров Л. Н. Техника безопасности в химических лабораториях. – Л.: Химия, 1985. – 184 с.

28. Сайфутдинов Р. Г., Трифонова Э. В. Острая токсичность метил-трет-бутилового эфира // Казанский медицинский журнал. 2010. № 3. С. 351–353.

29. ГН 2.2.5.1313 – 03. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

30. ГОСТ 5819 – 78. Реактивы. Анилин. Технические условия.

31. ГОСТ 12.1.007 – 76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
32. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
33. Назаренко О.Б. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2001. - 87 с.
34. Крепша Н.В., Свиридов Ю.Ф. Безопасность жизнедеятельности: Учеб.– метод. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. - 144 с.
35. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
36. ГОСТ 12.1.003– 90. Система стандартов безопасности труда. Шум.
37. ГОСТ 12.1.019 – 79. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
38. Пожарная безопасность. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности N 123-ФЗ.
39. Охрана окружающей среды: Учеб. Пособие для студентов вузов / Под ред. Белова С.В. – М.: Высш. Школа, 1983. – 264 с.
40. ГОСТ 17.2.3.02—78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями
41. ГОСТ 17.1.3.05—82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.
42. ГОСТ Р 22.0.02 – 94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Приложение Б

Таблица 21 - Временные показатели проведения научного исследования

Обозначения: Исп.1 -Р – руководитель; Исп.2 - Б-бакалавр; Исп.3-магистрант.

№	Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}			Длительность работ в календарных днях, T_{ki}		
		t_{max} , чел-дни			T_{min} , чел-дни			$t_{ож}$, чел-дни											
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление и утверждение технического задания	3			2			2,4			Р			2,4			4		
2	Литообзор		15			10			12			Б			12			18	
3	Постановка задачи исследования		15			10			12			Б			12			18	

Продолжение таблицы 21

		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
4	Экспериментальная часть		60	60		40	40		48	48		Б	М		24	24		36	36
5	Результаты и обсуждения	14	14	14	10	10	10	11,6	11,6	11,6	Р	Б	М	3,9	3,9	3,9	6	6	6
6	Разработка презентации и раздаточного материала		7			5			6,2			Б			6,2				9,3
7	Оформление		7			5			6,2			Б			6,2				9,3

Приложение В

Таблица 22 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Исполнители	Тк, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
			Ноябрь		Декабрь	Февраль	Март		Апрель		Май			
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
Введение	Руководитель	4												
Литературный обзор	Бакалавр	18												
Постановка задачи исследования	Бакалавр	18												
Экспериментальная часть	Бакалавр, магистрант	36												
Результаты и обсуждения	Бакалавр, магистрант, руководитель	6												

Разработка презентации и раздаточного материала	Бакалавр	10												
Оформление	Бакалавр	10												

 - бакалавр,
  -преподаватель,
  -магистрант