Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 82 страницы, 30 таблиц, 4 рисунка, 25 литературных источников, 2 приложения. Перечень графического материала: технологическая схема, чертеж общего вида, сборочный чертеж.

Объектом исследования являются производство МТБЭ из метанола и ББФ, а также проектирование узла синтеза МТБЭ.

Цель данной работы – изучение всех физико–химических свойств процесса и их влияния на протекание реакции, а также конструирование основного аппарата синтеза МТБЭ.

В результате исследования был выполнен расчет материального и теплового балансов, также конструктивный и механический расчеты, на основании которых был выполнен чертеж основного аппарата –реактора синтеза МТБЭ.

Выпускная квалификационная работа набрана в текстовом редакторе MicrosoftWord 2010, чертежи сделаны в программе Компас 2013.

Essay

Final qualifying work contains 82 pages, 30 tables, 4 figures, 25 references, 2 applications. List of graphic material: flowsheet, a common type of drawing and assembly drawing. The object of research is the production of MTBE from methanol and BBF and the design of MTBE synthesis reactor. The purpose of this work - the study of physical and chemical properties of the process and their influence on the reaction, as well as the construction of the main MTBE synthesis unit. During the work was carried out payment of material and heat balances, the constructive and mechanical calculations on the basis of which was made a drawing of the main unit – MTBE synthesis reactor. Final qualifying work typed in a text editor Microsoft Word 2010, all drawings were made in 2014 Compass program.

Оглавление

Введение 7

1.Теоретическая часть 8

1.1 Технико-экономическое обоснование 8

1.2 Источники сырья для производства МТБЭ и требования к нему 9

1.3 Химизм и механизм процесса получения МТБЭ 10

1.4 Выбор условий проведения процесса 12

1.5 Выбор конструкции основного аппарата 14

1.6 Технологическая схема процесса 17

2. Расчетная часть 20

2.1 Материальный баланс 20

2.2 Тепловой баланс 27

2.3 Технологический расчет 31

2.4 Гидравлический расчет 33

2.5 Конструктивно-механический расчет 35

3. Контроль производства 40

3.1 Аналитический контроль 40

3.2 Автоматическое управление основными параметрами 41

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.. 42

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 42

4.1.1 Сегментирование 43

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений 44

4.1.3 SWOT-анализ 45

4.2 Планирование научно-исследовательских работ 47

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования 47
4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования 48
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) 52
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ 52
4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ 53
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы..... 54
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы..... 55
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)..... 56
4.3.6 Накладные расходы..... 57
4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ... 57
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..... 60
5. Социальная ответственность 63
5.1 Описание рабочего места 63
5.2 Законодательные и нормативные документы 64
5.3.1 Анализ вредных факторов производственной среды..... 65
5.3.2 Микроклимат 65
5.3.3 Воздействие вредных веществ..... 66
5.3.4 Недостаточная освещенность 66
5.3.5 Влияние шума..... 67
5.3.6 Воздействие вибрации 68
5.4 Анализ опасных факторов производственной среды 70
5.4.1 Электробезопасность 70
5.4.2 Пожарная безопасность 71

5.5 Региональная безопасность 73

5.5.1 Защита атмосферы 73

5.5.2 Защита гидросферы 73

5.5.3 Защита литосферы
..... 74

5.6.1 Защита в чрезвычайных ситуациях 75

5.6.2 Выбор наиболее типичной ЧС 75

5.6.3 Превентивные меры по предупреждению ЧС 76

5.6.4 Ликвидация последствий ЧС 77

5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 79

Список использованных источников
..... 80

Введение

Метил-трет-бутиловый эфир - МТБЭ - химическое вещество, являющееся по природе простым эфиром. Это бесцветная жидкость, образующая азеотропные смеси с водой и метанолом и низкой растворимостью в воде (4,2 г/100мл).

Имеет следующие физические свойства:

Таблица 1 – Свойства МТБЭ

Параметр	Значение
Температура плавления	-108,6 °C
Температура кипения	55,2 °C
Температура вспышки	-28 °C
ПДК в воздухе рабочей зоны	100 мг/м³
ПДК в атмосферном воздухе	0,5 мг/м³
Смертельная доза	4 г/кг

Хорошо растворяется в бензине в любых соотношениях, практически не растворяется в воде, не ядовит. Топливные характеристики: Октановое число по исследовательскому методу - 115-135. Октановое число по моторному методу - 100-101 [1].

1. Теоретическая часть

1.1 Технико-экономическое обоснование

Метил-третбутиловый эфир используется в качестве высокооктановой компоненты для получения высокооктановых неэтилированных, экологически чистых бензинов. Бензины, полученные компаундированием высокооктановых углеводородных фракций с добавкой МТБЭ обладают пониженной токсичностью, высокой детонационной стойкостью и стабильностью.

Использование МТБЭ как компонента бензинов (октановое число смешения 117, по исследовательскому методу 115-135) позволяет значительно уменьшить использование антидетонатора-тетраэтилсвинца. Кроме того, добавление метил-трет-бутилового эфира обеспечивает более полное сгорание моторного топлива.

Метанол и этанол прекрасно растворяются в бензине, имеют неплохие октановые числа смешения, но растворимы и в воде. А поскольку в товарных бензинах всегда есть вода, то спирт будет переходить в водную фазу и с ней отслаиваться. В результате потребуются дополнительные затраты. С МТБЭ этой проблемы нет, так как он растворим только в бензине и в водную фазу не переходит.

Низшие спирты имеют значительно более низкую, чем бензин, теплоту сгорания. Это значит, что запас топлива в баке автомобиля должен быть увеличен, либо чаще надо тратить время на заправку. МТБЭ имеет равную с бензином топливную характеристику. Мало того, наличие в нем кислорода существенно улучшает процесс сгорания топлива в цилиндрах, повышая экономичность двигателя и снижая содержание в выхлопе продуктов неполного сгорания.

При использовании МТБЭ сокращается расход нефти на производство заданного количества товарного бензина, а также достигается её заметная экономия благодаря смягчению требований к октановой характеристике традиционных углеводородных компонентов бензина.

Существует несколько вариаций технологии получения МТБЭ, но все они используют принцип «Каталитической перегонки», который состоит в осуществлении в одном аппарате сразу двух операций: собственно химической реакции, протекающей в присутствии катализатора, и извлечения целевого продукта из реакционной смеси. Использование такого принципа рационально в случае равновесных реакций, когда удаление образующегося продукта из реакционной смеси обеспечивает практически полную конверсию исходных реагентов.

В нашем случае мы выбрали именно такой путь получения эфира, так как он максимально упрощает некоторые стадии, связывая их воедино, при этом не создавая дополнительных сложностей, обеспечивает максимально полное использование сырья и ведёт к синтезу продукта, соответствующего техническим требованиям, который, следовательно, может выводиться с установки без дополнительной очистки [2].

Таблица 1.1.1 - Одни из ведущих производителей МТБЭ в России

Компания	Город	Мощность тыс. тонн/год
ООО «Тобольскнефтехим»	Тобольск	125
ОАО «Уралоргсинтез»	Чайковский	90
ООО «Тольяттикаучук»	Самара	75
ОАО «Омский каучук»	Омск	35
ОАО «СИБУР-Химпром»	Пермь	25

1.2 Источники сырья для производства МТБЭ и требования к нему

Конъюктура сырья: Из имеющегося в нефтехимической промышленности углеводородного сырья пригодными для получения МТБЭ являются C_4-фракция пиролиза до и после извлечения дивинила, бутан-бутиленовая фракция каталитического крекинга и изобутан-изобутиленовая фракция дегидрирования изобутана.

Ситуация на мировом и отечественных рынках: Практически все крупные нефтехимические и нефтеперерабатывающие фирмы мира имеют свои технологии получения МТБЭ, защищенные патентами, число которых превысило одну тысячу. Однако, несмотря на большие объемы производства МТБЭ, мировая потребность в высокооктановых кислородсодержащих компонентах превышает предложение, и эти продукты в ближайшие годы будут иметь огромный экспортный потенциал.

Первая промышленная установка по производству МТБЭ была разработана фирмой “Снампроджетти/Анич” и введена в эксплуатацию в Италии. В нашей стране первая установка по синтезу МТБЭ была разработана в НИИМСК г. Ярославль и введена в эксплуатацию в «Нижнекамскнефтехим».

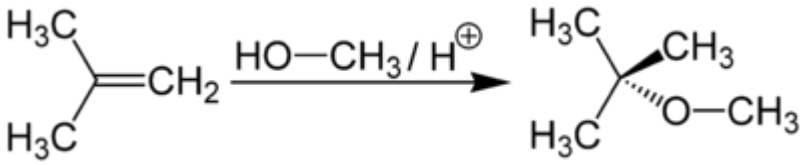
Образование побочного продукта – ТМК - в основном зависит от содержания воды в исходном сырье, которое не должно превышать 0,1 % масс.

Используемые в качестве исходного сырья бензиновые фракции каталитического крекинга или пиролиза могут содержать в своем составе щелочные или азотные соединения и другие примеси, которые способствуют быстрой дезактивации катализатора.

С целью разрешения данной проблемы в технологической схеме многих процессов предусмотрена очистка углеводородов от нежелательных примесей до подачи их в реакционную зону [1].

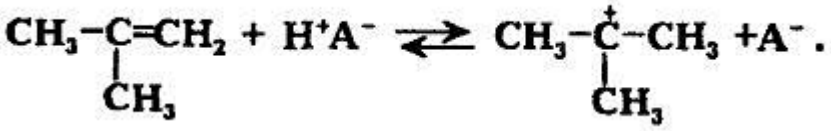
1.3 Химизм и механизм процесса получения МТБЭ

Одним из основных способов получения МТБЭ является проведение селективного взаимодействия метанола с содержащимся в C_4-фракциях изобутиленом в присутствии кислотных катализаторов. В основе процесса получения МТБЭ лежит реакция:

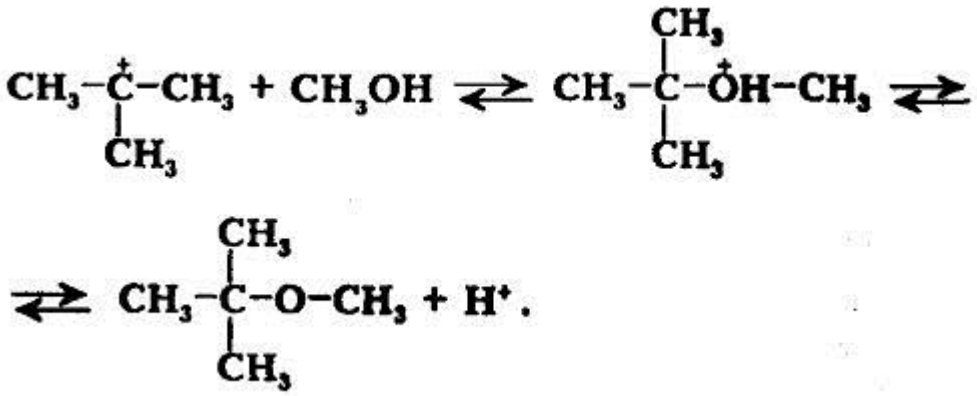


Реакция взаимодействия олефинов со спиртами является реакцией электрофильного присоединения по кратным связям, механизм которой описывается карбоний-ионной теорией, согласно которой каталитически активным центром является протон.

1. Первой стадией О-алкилирования метанола изобутеном является протонирование последнего гидрид ионом кислотного катализатора:



2. Образующийся карбониевый ион неустойчив из-за дефицита электронов и он должен быть чрезвычайно реакционоспособен к реагентам, которые могут предоставить электронную пару для образования ковалентной связи. Вследствие этого на второй стадии карбониевый ион быстро взаимодействует с нуклеофильным реагентом с образованием продукта реакции:



3. Образовавшийся протон далее реагирует с изобутеном, как и в стадии 1.

4. Причиной обрыва цепи может стать возврат протона к катализатору

Присоединение, как и при других реакциях этого типа, происходит по правилу Марковникова.

При разработке технологии учитывается также возможность протекания побочных реакций: за счет присутствия влаги в сырье - образование трет-

бутанола; при низком соотношении метанол: изобутилен и/или повышении температуры - димеризации изобутилена; при повышении температуры и определенной концентрации реагентов - межмолекулярная дегидратация метанола, гидратация изобутилена и в присутствие в сырье н-бутенов возможно образование незначительных количеств метил-втор-бутилового и метил-бутиленовых эфиров [3].

1.4 Выбор условий проведения процесса

Реакция синтеза МТБЭ является обратимой и экзотермической и при реагировании одного моля изобутилена с одним молем метанола выделяется 10 ккал/моль тепла. Поэтому низкая температура на выходе из реактора способствует более полному превращению исходных реагентов, а повышение температуры напротив сдвигает равновесие влево и уменьшает степень превращения изобутилена и метанола. Высокая температура в реакционной зоне ускоряет протекание основной, но в большей степени побочных реакций, в том числе межмолекулярной дегидратации метанола.

Используются различные приемы для получения наибольших конверсий:

- снижение температуры в заключительном пространстве реакционной зоны: синтез МТБЭ проводят при температуре не более 77 °С. В нижней части каждого яруса катализатора регистрируется температура: после 1-го слоя не более 77°С, после 2-го и 3-го слоев не более 70°С.

- увеличение мольного соотношения спирт/изоолефин: характерно использование избыточного от эквимолярного количества метанола с целью увеличения степени превращения изобутилена и исключения процесса димеризации последнего. Мольное соотношение метанол/изобутилен 1,075:1

Процесс синтеза МТБЭ проводят при повышенном давлении - не более 1,15 МПа, обеспечивающем перевод всех компонентов реакционной массы в жидкое состояние.

Известны два основных направления синтеза МТБЭ из третичных олефинов и первичных спиртов, связанные с применением гомогенных и гетерогенных катализаторов кислотно-основного типа.

В качестве гомогенных катализаторов были предложены минеральные кислоты серная, фосфорная, соляная, борная, катализаторы Фриделя - Крафтса, органические сульфокислоты.

Общими недостатками большинства перечисленных гомогенных катализаторов являются высокая коррозионная агрессивность среды и связанная с этим необходимость использования оборудования из дорогостоящих материалов, а также низкая селективность процесса и трудности разделения реакционной смеси от катализатора. Перечисленные недостатки в значительной степени могут быть устранены при использовании гетерогенных катализаторов.

Наиболее эффективны для синтеза МТБЭ сульфированные ионообменные смолы. Самыми распространенными являются сульфокатиониты (СФК) со стирол-дивинилбензольной матрицей. Достаточно эффективны и применяются в промышленности формованные катализаторы такие как КУ 2 ФПП. КУ 2 ФПП выпускаются в форме цилиндров и колец размерами 5 - 20 мм и обладают одновременно свойствами катализатора и массообменной насадки. Основные трудности, возникающие при использовании СФК в промышленности для получения МТБЭ, связаны с большим гидродинамическим сопротивлением слоя. Кроме того, недостатком существующих СФК является относительно невысокая термостабильность (ФПП – формованные полипропиленом) [4].

1.5 Выбор конструкции основного аппарата

Реализованные на практике технологии получения МТБЭ отличаются друг от друга в основном типом реакционного устройства, определяемым условиями его работы (изотермические, адиабатические, «каталитической перегонки» или различные их комбинации); необходимостью (или ее отсутствием) осуществления рециркуляции отработанной изобутенсодержащей фракции (определяется остаточным содержанием изобутена в случае направления этой фракции на дегидрирование с целью получения сырья для производства каучуков - бутадиена).

Более половины мирового производства МТБЭ осуществляется по технологиям фирм «Snamprogetti» (29%) и «Huels» (23%). Основные их различия относятся к реакционному узлу. При эксплуатации последнего наиболее важно эффективное регулирование отвода тепла, выделяющегося в процессе получения эфира. На большей части установок синтеза МТБЭ оба реактора работают в адиабатических условиях.

Исключение составляют установки фирм «Snamprogetti» и «Huels»/UOP, трубчатые реакторы которых работают в изотермических условиях, обеспечиваемых непрерывным охлаждением продуктов в выносном холодильнике. Реакторы обычной конструкции предусмотрены в схемах фирм «Arco», «Huels»/UOP, «Phillips», «EC Erdolchemie», «RWE-DEA/Edeleanu»; реакторы со стационарным слоем катализатора - в схемах фирм «CD Fech» и IFP.

Во всех случаях применения реакторов со стационарным слоем катализатора (за исключением реактора, работающего при температуре кипения реагентов) осуществляется рециркуляция части продуктов реакции в зону реакции для ограничения подъема температуры в этой зоне - не выше 140°С. В реакторе с расширяющимся слоем катализатора (процесс IFP) использован принцип восходящего потока реагирующей смеси, обеспечивающий перемешивание катализатора. Расширение слоя составляет 20-30%. При

конструировании реактора данного типа основной задачей является исключение местных перегревов в реакционной зоне.

В одном аппарате часто совмещают реакционную зону с колонной выделения МТБЭ. Процесс, происходящий в таком аппарате, в отечественной литературе называют «каталитической перегонкой». Лицензиарами такой технологии являются фирмы IFP, UOP, «CD Fech» [5].

Основные принципы «каталитической перегонки»

Синтез МТБЭ из метанола и изобутена представляет собой равновесную экзотермическую реакцию (тепловой эффект составляет 44 кДж/моль), протекающую в присутствии катализатора кислотного типа: сульфированного сополимера стирола с дивинилбензолом. Этот катализатор в отличие от широко используемых катализаторов данного типа (Lewatit SPG 108/H, КУ-2, КУ-23п и др.) изготовлен в виде колец Рашига или шариков формованием сульфокатионита со специальным образцом полимера.

Принцип «каталитической перегонки» состоит в осуществлении в одном аппарате двух операций: собственно химической реакции, протекающей в присутствии катализатора, и извлечения целевого продукта из реакционной смеси. Отсюда и несколько необычное название процесса.

Обычно аппарат для «каталитической перегонки» представляет собой ректификационную систему, в среднюю часть которой, как правило, вмонтировано реакционное устройство, заполненное катализатором. Целевой продукт в зависимости от вида выводится из колонны «каталитической перегонки» либо сверху в паровой фазе, либо снизу в жидкой фазе. И в том, и в другом случаях он может соответствовать техническим требованиям и, следовательно, выводиться с установки без дополнительной очистки.

МТБЭ (а также ЭТБЭ или МТАЭ) выводится с установки снизу колонны в жидкой фазе. Сверху колонны в паровой фазе выводится отработанная углеводородная фракция, содержащая не вступивший в реакцию метанол. Известно, что метанол образует азеотропную смесь с углеводородами C_4. Удаление МТБЭ снизу ректификационной колонны по мере его образования

позволяет достичь при небольшом избытке метанола (по сравнению со стехиометрическим) практически полного превращения изобутена. Такой режим используется для полного извлечения изобутена из фракции C_4 в случае использования последней в производстве бутадиена-1,3.

При недостатке метанола достигается практически полная его конверсия, вследствие чего отпадает необходимость использования блока промывки отработанной бутан-бутеновой фракции и регенерации метанола с целью возвращения его в процесс, что заметно упрощает технологию получения МТБЭ.

«Каталитическую перегонку» рационально применять в случае равновесных реакций, когда удаление образующегося продукта из реакционной смеси - обеспечивает практически полную конверсию исходных реагентов. При этом рекомендуют следующие ограничения: температура и давление химического процесса и перегонки должны быть примерно одинаковыми; значения летучести конечных продуктов реакций и исходных веществ должны в достаточной степени различаться и соответствовать определенному порядку. В частности, наибольшая эффективность достигается в том случае, когда летучесть продуктов ниже (или выше) летучести исходных веществ или когда летучесть каждого исходного вещества меньше летучести одного из продуктов, но больше летучести другого [5].

1.6 Технологическая схема процесса

Принципиальная технологическая схема процесса получения эфиров представлена на рисунке 1.

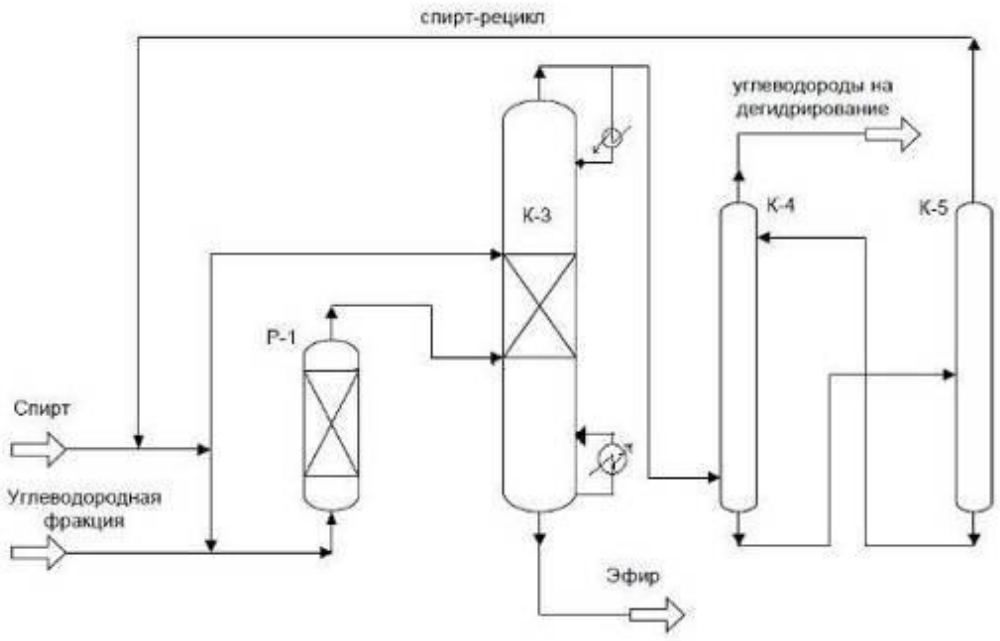


Рисунок 1 - Схема процесса синтеза МТБЭ

Р-1 - реактор испарительно-адиабатического типа; К-3 - реакционно-ректификационный аппарат; К-4 - колонна водной отмывки; К-5 - колонна регенерации метанола

Углеводородная фракция со стадии дегидрирования и спирт, предварительно смешиваясь в заданном соотношении, поступают в реактор Р-1, предназначенный синтеза основного количества эфира.

В качестве реактора Р-1 предлагается использовать реактор испарительно-адиабатического типа. Основным отличием данного типа реакторов является снятие тепла реакции за счет испарения части реакционной массы. Процесс испарения контролируется давлением в реакторе. Реактор Р-1

представляет собой полый цилиндрический аппарат, заполненный катализатором.

Тепло реакции в реакторе испарительно-адиабатического типа снимается за счет разогрева реакционной массы от начальной температуры 30-45 ^{o}C (на входе в реактор) до температуры 70-80 ^{o}C (на выходе из реактора) и за счет испарения части реакционной массы.

Реакционная масса выводится из реактора Р-1 с верха аппарата двумя потоками: в паровой и жидкой фазе. Оба потока направляются в реакционно-ректификационный аппарат.

Реакционно-ректификационный аппарат К-3 включает три зоны:

верхнюю ректификационную зону (для отделения непрореагировавших углеводородов С4, от метанола и эфиров);

среднюю реакционно-ректификационную зону, заполненную катализатором (для синтеза эфиров и их вывода из зоны реакции).

нижнюю ректификационную зону (для отделения МТБЭ от углеводородов С4 и метанола).

Реакционная масса из реактора Р-1 поступает в аппарат К-3 под слой катализатора.

Катализатор в аппарате К-3 расположен в виде трех слоев на опорно-распределительных тарелках специальной конструкции.

Наверх катализатора в К-3 подается метанол.

Сверху аппарата К-3 отбирается бутан-бутиленовая фракция, которая подается в колонну К-4 водной отмывки С4-фракции от содержащегося в ней метанола.

Реакционно-ректификационный аппарат, представленный в данном описании как единый аппарат К-3, может быть конструктивно выполнен и в другом материальном оформлении, а именно с организацией всех трех зон в разных аппаратах или в любом другом сочетании двух зон в одном аппарате.

Кубовый продукт колонны К-3 - товарный эфир выводится с установки.

В верхнюю часть колонны К-4 подается вода.

Сверху колонны К-4 отбирается отмытая углеводородная фракция, которая возвращается на стадию дегидрирования.

Промывная вода со спиртом из куба колонны К-4 подается в качестве питания в колонну К-5, предназначенную для отгонки спирта от воды.

Обогрев колонны К-5 осуществляется водяным паром через выносной кипятильник.

В случае с использованием метанола, то спирт отбираемый с верха колонны К-5, возвращается в емкость со свежим метанолом.

Фузельная вода из куба колонны К-5 подается в верхнюю часть колонны К-4 [4].

3. Контроль производства

3.1 Аналитический контроль

Для поддержания нормального технологического режима работы агрегата необходимо знать качество и состав исходного сырья, промежуточных продуктов и конечных продуктов производства.

План аналитического контроля реакционного узла производства МТБЭ приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - План аналитического контроля реакционного узла производства МТБЭ.

Анализируемый продукт	Показатель	Частота контроля	Метод анализа
Метанол	Состав	1 раз в смену	По ГОСТ 2222-95 и хроматография
Бутан-бутиленовая фракция (ББФ)	Состав	1 раз в смену	По ТУ 0272-027 00151638-99 и хроматография
Метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ)	Состав	1 раз в смену	По стандарту ASTM D 5441-93, ТУ 38.103704-90 и хроматография
Жидкие продукты и МТБЭ на разделение	Состав	1 раз в смену	Хроматография
МТБЭ-сырец	Состав	1 раз в смену	Хроматография
Азеотроп углеводородов и метанола	Состав	1 раз в смену	Хроматография
Метанол после отгонки	Состав	1 раз в смену	По ГОСТ 2222-95 и хроматография

3.2 Автоматическое управление основными параметрами

Таблица 3.2 – Карта контроля технологических параметров

Место измерения параметра	Контролируемый параметр	Нормы технологических показателей	Частота и способ контроля	Кто анализирует
1	2	3	4	5
Трубопровод подачи метанола	Расход, FIRC	1,0-2,0 $м^3$/ч	Непрерывно по прибору с записью в режимном листе каждый час	Аппаратчик
Трубопровод подачи ББФ	Расход, FIRC	1,5-2,5 $м^3$/ч	Непрерывно по прибору с записью в режимном листе каждый час	Аппаратчик
Аппарат Р-1 и К-1	Температура, TIRC	50-65°С	Непрерывно по прибору	Аппаратчик
Аппараты Р-1 и К-1	Давление, PIR	0,1 МПа	Непрерывно по прибору	Аппаратчик
Температура потоков после подогревателей Т-1 и Т-2	Температура, TIRC	50-60°С	Непрерывно по прибору	Аппаратчик
Аппараты Р-1 и К-1	Давление, PI	Не более 0,1 МПа	Непрерывно по прибору	Аппаратчик

4.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Вопрос обеспечения высокой детонационной стойкости автомобильных топлив остается актуальным на любом этапе развития нефтепереработки. Причиной этому являются экологические требования к производимым неэтилированным бензинам нового поколения, ограничивающим применение бензола, олефинов, ароматических углеводородов, в качестве присадок, обеспечивающих прирост октанового индекса автобензинов.

Одним из самых эффективных веществ является метил-трет-бутиловый эфир (2-метил-2-метоксипропан). Это соединение, как компонент автомобильных бензинов уникально во всех отношениях. Известно, что практически все низшие кислородсодержащие соединения имеют высокое октановое число – до 100 ИОЧ (октановое число по исследовательскому методу). У метил-трет-бутилового эфира октановое число смешения доходит до 135 ИОЧ, в зависимости от углеводородного состава бензина, к которому добавляется МТБЭ. Кроме того, добавление метил-трет-бутилового эфира обеспечивает более полное сгорание моторного топлива.

Используя метил-трет-бутиловый эфир в качестве добавки к моторным топливам, сокращается расход нефти на производство товарного бензина и достигается ее экономия, за счет смягчения условий к октановой характеристике углеводородных компонентов топлива.

В Российской Федерации МТБЭ является наиболее распространенной кислородсодержащей добавкой в автомобильные бензины.

4.1.1 Сегментирование

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные сегменты, а также выбраны наиболее благоприятные из них (Рис. 3).

		Характеристики метода				
		Высокий выход продукта	Высокая чистота целевого продукта	Наращи-ваемая мощность установки	Дешевое сырье	Доступность
Метод полу-чения	Процесс фирмы ОАО «Сибур-Химпром», г.Пермь					
	Процесс фирмы ЗАО ЗАО «ЭКООЙЛ», г.Омск					
	Процесс фирмы ООО «Тобольскнефтехим», г.Тобольск					

Рисунок 3 – Карта сегментирования

- Процесс фирмы ОАО «Сибур-Химпром», г.Пермь

- Процесс фирмы ЗАО ЗАО «ЭКООЙЛ», г.Омск

- Процесс фирмы ООО «Тобольскнефтехим», г.Тобольск

Таким образом, самым оптимальным методом получения продуктов является метод получения МТБЭ, которым занимается ЗАО «Сибур-Химпром».

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Лидерами в производстве метил-трет-бутилового эфира в России на данный момент являются несколько крупных нефтехимических компаний. ЗАО «ЭКООЙЛ» (35 т/год), а также ОАО «Сибур-Химпром» (25т/год)- одни из крупнейших. Установка производства МТБЭ, проектируемая в данной работе помимо основных конструкционных требований (энергоэкономичность, надёжность) обладает мощностью 15 т/год.

Таблица 4.1.1 - *Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)*

Критерии оценки	**Вес крите-рия**	**Баллы**			**Конкуренто-способность**		
		$Б_ф$	$Б_{к1}$	$Б_{к2}$	$К_ф$	$К_{к1}$	$К_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Производительность	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
2. Энергоэкономичность	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
3. Надежность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
4. Уровень шума	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
5. Безопасность	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Конкурентоспособность продукта	0,2	5	5	5	1	1	1
7. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
8. Послепродажное обслуживание	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
9. Наличие сертификации разработки	0,05	2	3	3	0,1	0,15	0,15
Итого	**1**				**3,95**	**4,4**	**4,35**

Бф – узел синтеза МТБЭ текущей исследовательской работы

Бк1 – узел синтеза МТБЭ ОАО «Сибур-Химпром»

Бк2 – узел синтеза МТБЭ ЗАО «ЭКООЙЛ»

Из оценочно карты видно, что данный проект узла МТБЭ хоть и обладает меньшей производительностью, чем его крупные аналоги, незначительно уступает им в конкурентоспособности, в основном, благодаря высокой энергоэкономичности процесса “каталитической перегонки”.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табл. 4.1.2.

Таблица 4.1.2 – Первый этап SWOT-анализа

	Сильные стороны научно: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии синтеза МТБЭ С2. Экологичность технологии синтеза МТБЭ С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С4. Наличие бюджетного финансирования С5. Квалифицированные работники (аппаратчики 5го разряда и выше)	**Слабые стороны:** Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие подрядной компании, способной построить производство «под ключ» Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для построения лабораторной установки Сл4. Удаленность потенциальных потребителей Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих, необходимых для построения установки
Возможности: В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Использование инфраструктуры ООО «Томскнефтехим» г.Томска	Выход синтеза МТБЭ на рынок, будет способствовать развитию разработки, что увеличит спрос на продукцию. За счет инфраструктуры ТПУ возможно увеличение	Использование инфраструктуры ТПУ, а так же заводов Томска «Томскнефтехим» позволят создать прототип научной разработки, а так же обеспечит возможность

В3. Появление дополнительного спроса на продукты В4. Снижение таможенных пошлин на исходное сырье: изобутилен, метанол. В5. Повышение стоимости конкурентных разработок	потенциала разработки.	построения производства.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Ограничения на экспорт технологии У4. Введение дополнительных требований к сертификации продукции У5.Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования	Угрозу отсутствия спроса и наличие развитой конкуренции уменьшит качество получаемого продукта МТБЭ. Наличие необходимого оборудования для исследования образца покроет несвоевременное финансовое обеспечение, а квалифицированный персонал увеличит качество продукции	Слабые стороны проекта это развитие конкуренции. Высока вероятность производительность других способов получения метил-трет-бутилового эфира. Отсутствие своевременного финансового обеспечения со стороны государства приведет к тому, что установка не будет опробована в производственных масштабах, следовательно будет увеличение срока выхода разработки на рынок. Именно поэтому, необходимо найти пути усовершенствования технологии получения МТБЭ, для повышения ее конкурентной активности относительно других существующих компаний

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (табл. 4.2.1)

Таблица 4.2.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр,
	4	Патентный обзор литературы	Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
	7	Проведение экспериментов	Бакалавр
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр

	10	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка технологии обогащения минерального сырья	Бакалавр
	13	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	14	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Изготовление и испытание опытного образца	15	Получение опытного образца	Бакалавр, руководитель
	16	Лабораторные испытания опытного образца	Бакалавр, руководитель
Оформление комплекта документации по ВКР	15	Составление пояснительной записки	Бакалавр

4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Календарный план выполнения работ показан на графике таблицы 4.2.2

Таблица 4.2.2 – Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнители	$T_{кi}$, дней	Продолжительность выполнения работ										
			февраль		март			апрель			май		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	0,1											
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,6											
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	4,2											
Патентный обзор литературы	Бакалавр	9,8											
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	0,8											
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр	2,3											

Проведение экспериментов	Бакалавр	3,7 2,2											
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, бакалавр	1,4 2,3											
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	2,0 3,2 0,6											

Продолжение табл. 6.2.2

Вид работы	Исполнители	$T_{кi}$, дней	Продолжительность выполнения работ										
			февраль		март			апрель			май		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	3,5											
Разработка технологии обогащения сырья	Бакалавр	2,9											
Оценка	Бакалавр,	4,2											

эффективности производства и применения разработки	консультант ЭЧ												
Разработка социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	4,9											
Составление пояснительной записки	Бакалавр	17											

Руководитель Бакалавр Консультант ЭЧ Консультант СО

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$З_м = (1+k_Т)*\sum Ц_i*N_{расхi}$,

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, м^2 и т.д.);

$Ц_i$– цена приобретения единицы i-го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м^2 и т.д.);

$k_Т$– коэффициент, учитывающий транспортно-заготовленные расходы. Примем $k_Т$ = 0,2.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу.

Таблица 4.3.1 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Количество			Цена за ед. с НДС, руб.			Затраты на материалы, ($З_м$), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Метанол	кг	682	1023	1364	18	18	18	12276	18414	24552
Изобутилен	кг	1194	1791	2388	12	12	12	14328	21492	28656
Катализатор	кг	3750	5625	7500	50	50	50	187500	281250	375000
Итого								214104	321156	428208

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

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть по его доставке и монтажу в размере 15 % от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений. Все расчеты сводятся в таблице.

Таблица 4.3.2– Расчет бюджета на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Реактор	1	1	1	20000	20000	20000	20000	20000	20000
2	Ректификационная колонна	3	3	3	74000	74000	74000	222000	222000	222000
Итого:								242000	242000	242000

Расчет затрат на электроэнергию определяется по формуле:

$Е_э = \sum N_i * Т_э * Ц_э$,

где N_i– мощность электроприборов по паспорту, кВт;

$Т_э$ – время использования электрооборудования, час;

$Ц_э$– цена одного кВт*ч, руб. (1,89 руб. в г. Томск).

$Е_э$= 0,8*250*1,89 = 389 руб.

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата ($З_{осн}$) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_{раб},$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$Т_р$– продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{дн}$– среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_д},$$ где $З_м$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб.дня М =11,2 месяца, 5-дневная неделя;

$F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Таблица 4.3.3– Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель проекта	Специалист по проекту - студент
Календарное число дней	273	273
Количество нерабочих дней – выходные дни – праздничные дни	78 14	78 14
Потери раб.времени – отпуск – невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд раб.времени, раб. дн.	181	181

Месячный должностной оклад работника:

$$З_м = З_б \cdot (k_{пр} + k_д) \cdot k_р,$$

где $З_б$ – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент;

$k_д$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_р$ – районный коэффициент, равный 1,3.

Таблица 4.3.4 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_б$, руб.	$k_р$	$З_м$, руб.	$З_{дн}$, руб.	$Т_р$, раб. дн.	$З_{осн}$,руб.
Научный руководитель проекта	20000	1,3	26000	1608,8	181	291200
Специалист по проекту – студент	0	1,3	0	0	181	0
Итого $З_{осн}$:						291200

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (принимаем равным 0,12).

$$C_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

В таблице 4.3.5 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.3.5 – Заработная плата исполнителей НП

Заработная плата / Исполнители	Основная, $З_{осн}$,руб.	$k_{доп}$	Дополнительная, $З_{доп}$,руб	Итоговая зарплата, $С_{зп}$,руб
Научный руководитель проекта	291200	0,12	34944	326144
Специалист по проекту – студент	0		0	0
Итого:	291200		34944	326144

Расчеты показали, что годовая заработная плата научного руководителя за время выполнения проекта составляет 326144 руб.

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2015 г. в соответствии с Федерального закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27,1%. Отчисления во внебюджетные фонды для студента не предусмотрены.

Таблица 4.3.6 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Заработная плата, $С_{зп}$ = $З_{осн}$ +$З_{доп}$, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, $k_{внеб}$	$С_{внеб}$,руб.
Научный руководитель проекта	326144	0,271	88385
Итого:			88385

4.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергии, транспортные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = k_{нр} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4),$$

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

Величину коэффициента накладных расходов $k_{нр}$ допускается взять в размере 16%.

$$С_{накл}= (214104+242000+326144+88385)\cdot 0,16=139032 \text{ руб.}$$

4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы 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.

Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в табл. 4.3.7.

Таблица 4.3.7 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НТИ	214104	321156	428208	Пункт 6.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	242000	242000	242000	Пункт 6.3.2
3. Затраты на электроэнергию	389	389	389	
4. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	291200	291200	291200	Пункт 6.3.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	88385	88385	88385	Пункт 6.3.5
6. Накладные расходы	139032	156430	173558	16 % от суммы ст. 1-4
7. Бюджет затрат НТИ	975110	1099560	1223740	Сумма ст. 1- 6

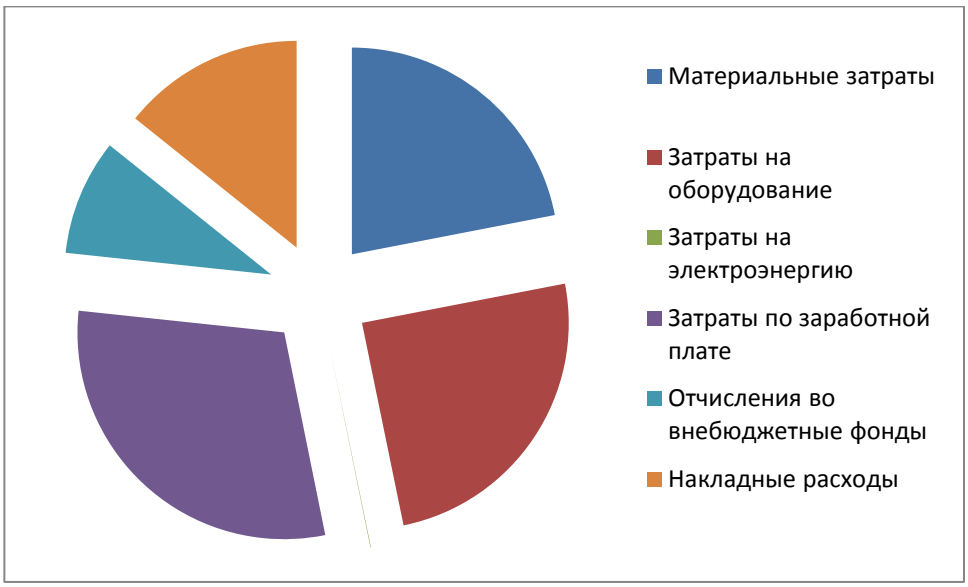


Рисунок 4 – Распределение затрат на научно – техническое исследование

1 – Материальные затраты НТИ; 2 – Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ; 3 – Затраты на электроэнергию; 4 – Затраты по основной заработной плате исполнителей темы; 5 – Отчисления во внебюджетные фонды; 6 – Накладные расходы.

Как видно из диаграммы, основной вклад в бюджет нашей разработки вносит основная заработная плата научного руководителя темы.

4.4 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}.i} = \frac{\Phi_{\text{p}i}}{\Phi_{\max}},$$

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

$\Phi_{\text{p}i}$ – стоимость *i*-го варианта исполнения;

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

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$\text{I}_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент *i*-го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка *i*-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 4.4.1 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Способствует росту производительности труда	0,2	3	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,2	5	4	3
3. Энергосбережение	0,1	5	4	3
4. Надежность	0,2	4	4	4
5. Воспроизводимость	0,2	4	4	4
6. Материалоемкость	0,1	5	4	3
ИТОГО	1			

$I_{исп.1}$ = 3·0,2+5·0,2+5·0,1+4·0,2+4·0,2+5·0,1=4,2;

$I_{исп.2}$ = 4·0,2+4·0,2+4·0,1+4·0,2+4·0,2+4·0,1=4,0;

$I_{исп.3}$ = 5·0,2+3·0,2+3·0,1+4·0,2+4·0,2+3·0,1=3,8;

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{р-исп.1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{р-исп.2}}{I_{финр}^{исп.2}} \text{ и т.д.}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволяет определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($Э_{ср}$):

$$Э_{ср} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.1}}$$

Таблица 4.4.2 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,95	1	0,90
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,2	4,0	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,4	4,0	4,2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,90	0,95

Вывод: Сравнение значения интегральных показателей эффективности позволило понять, что более эффективным вариантом решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является текущее исполнение 1.