

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НЕФТИ и ГАЗА им. И.М. ГУБКИНА

С.А. Низова, О.П. Лыков, М.В.Чепикова

**ПРОИЗВОДСТВО
КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ (КМЦ) И
ПОЛИАНИОННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ (ПАЦ)**

Методические указания для курсового и дипломного проектирования

Москва - 2015

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НЕФТИ и ГАЗА им. И.М. ГУБКИНА

Кафедра технологии химических веществ для нефтяной и газовой
промышленности

С.А. Низова, О.П. Лыков, М.В.Чепикова

**ПРОИЗВОДСТВО
КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ (КМЦ) И
ПОЛИАНИОННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ (ПАЦ)**

2-ое издание дополненное и переработанное

Методические указания для курсового и дипломного проектирования

Одобрено методической комиссией
факультета химической технологии и
экологии.

Москва – 2015

УДК 661.7

С.А. Низова, О.П. Лыков, М.В.Чепикова. Методические указания для курсового и дипломного проектирования. Производство карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и полианионной целлюлозы (ПАЦ). 2-ое изд. дополн. и перераб.- М.: РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2015.- 30 с.

Даны методические рекомендации для курсового и дипломного проектирования на тему «Производство карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и полианионной целлюлозы (ПАЦ)». Приведены исходные данные и методика расчета материальных и тепловых балансов производства ингибиторов коррозии. Методические указания предназначены для студентов специальности 240401–Химическая технология органических веществ, бакалавров направления 240100- Химическая технология и биотехнология.

Список литературы - 16 наименований.

Рецензент – к.х.н., доц. Толстых Л.И.

Методические указания одобрены и рекомендованы к изданию учебно-методической комиссией факультета химической технологии и экологии РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина.

Содержание

	Стр.
I. Общие положения.....	5
II. Структура расчетно-пояснительной записки.....	5
III. Исходные данные.....	8
IV. Расчетная часть.....	9
V. Расчет основных аппаратов.....	10
Приложение 1. Титульный лист курсового проекта (работы)....	29
Литература.....	30

I. Общие положения

Выполнение курсового проекта по дисциплине «Химия и технология органических веществ» имеет целью приобретение студентами практических навыков при выполнении химико-технологических расчетов и проектировании технологических установок, в том числе установок производства химических реагентов, используемых в нефтегазодобыче, а также закрепление знаний, полученных при изучении теоретического курса.

Курсовой проект выполняется в виде расчетно-пояснительной записки, включающей также графическую часть (формат А1 и А4). Расчетно-пояснительная записка выполняется на компьютере, выполнение графической части возможно как с использованием компьютерной графики, так и от руки с соблюдением требований, содержащихся в пособии [3].

Аналогичные подходы могут быть использованы при выполнении студентами выпускных бакалаврских работ и дипломных проектов.

II. Структура расчетно-пояснительной записки

1. Титульный лист (Приложение 1).
2. Задание на курсовой проект - студент получает его на кафедре технологии химических веществ для нефтяной и газовой промышленности у преподавателя – руководителя курсового проекта. В задании указывается тема курсового проекта; производительность установки, другие исходные данные выбираются в соответствии с предложенными вариантами (Приложение 2) или корректируются преподавателем.
3. Оглавление.
4. Введение - следует показать объемы добычи нефти и газа в РФ, основные осложнения в работе нефтегазопромыслового оборудования, связанные с коррозией металлов, современное состояние применения ингибиторов коррозии и бактерицидов в нефтегазодобыче.

5. Литературный обзор - рассматривается классификация и механизм действия ингибиторов коррозии и бактерицидов, основные методы получения ингибиторов на основе четвертичных аммониевых и пиридиновых солей, технологии использования в нефтедобыче, методы оценки их эффективности. В тексте обязательны ссылки на цитированную литературу, список использованной литературы приводится в конце курсового проекта и должен содержать не менее 3 – 5 ссылок на публикации по данной теме последних пяти лет.

Дается характеристика сырья, рассматриваются основные и побочные реакции, лежащие в основе процесса, условия его осуществления, приводится анализ методов синтеза целевого продукта, его свойств, основных направлений применения целевого продукта, масштабы его производства в настоящее время и перспективы развития.

Характеристика сырья и готовой продукции может быть представлена в виде таблицы основных характеристик (химическая формула, молекулярная масса, растворимость, плотность, вязкость, температуры кипения и плавления, токсикологические характеристики, экологическая опасность и т.д.) с указанием литературных источников информации.

6. Технологическая схема процесса (Приложение 3) - включает графическую часть и ее описание с указанием параметров технологического режима и способов их регулирования, описанием устройства и принципов работы основных аппаратов. Выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД [3] в формате А4 и А1; обозначения аппаратов на чертежах и в пояснительной записке должны соответствовать друг другу.

7. Исходные данные для расчета - приводится таблица конкретных исходных данных в соответствии с вариантом задания, указаниями преподавателя и методическими указаниями к курсовому проекту.

8. Материальный баланс производства по стадиям.

9. Технологический расчет реактора и вспомогательного оборудования (по согласованию с преподавателем) - включает стандартный расчет

необходимого объема аппаратов (реакторов с перемешивающим устройством), их количества, тепловые балансы аппаратов с определением поверхности теплообмена. Тепловой эффект реакции и другие необходимые теплофизические параметры могут быть рассчитаны студентом на основании знаний и навыков, полученных в курсе «Физическая химия» с помощью программы ChemOffice 2005, МОРАС, РМЗ.

10. Список использованной литературы, ссылки на которую даются по ходу изложения литературного материала и проводимых расчетов.

III. Исходные данные

Выданы руководителем курсового проекта на основании данных производства Na-КМЦ.

Принципиальная технологическая схема соответствует схеме производства Na-КМЦ на ЗАО «Полицелл»

1. Годовая производительность установки $G_{кмц}$, т/год
2. Содержание лигносульфоната в модифицированной, %масс. от технической Na-КМЦ
3. Годовая производительность модифицированной лигносульфонатом карбоксиметилцеллюлозы, Na-КМЦ-ЛГ, $G_{Накмц-ЛГ}$, т/год
4. Число рабочих дней в году, m , дней
5. Потери технической Na-КМЦ в процессе производства, P , %масс.
6. Влажность технической Na-КМЦ, $C_{ткмц}^{H_2O}$, % масс.
7. Содержание Na-КМЦ во влажной технической Na-КМЦ, $C_{ткмцв}^{кмц}$, % масс.
8. Соли и примеси во влажной Na-КМЦ, $C_{ткмцв}^{примеси}$, % масс.
9. Содержание Na-КМЦ в сухой технической Na-КМЦ, $C_{ткмцс}^{кмц}$, %масс.
10. Соли и примеси в сухой технической Na-КМЦ, $C_{ткмцс}^{примеси}$, % масс.
11. Степень замещения Na-КМЦ, q
12. Влажность исходной целлюлозы, $C_{цел}^{H_2O}$, % масс.
13. Содержание примесей жиров и смол в целлюлозе, $C_{цел}^{примеси}$, % масс.
14. Концентрация щелочи в водном растворе NaOH, C_{NaOH} , %масс.
15. Содержание основного вещества в товарной форме NaMXУК, $C_{mNaMXУК}^{NaMXУК}$, % масс.
16. Влажность товарной формы NaMXУК, $C_{NaMXУК}^{H_2O}$, % масс
17. Содержание NaДХУК в товарной форме NaMXУК, $C_{mNaДХУК}^{NaДХУК}$, % масс.

IV. Расчетная часть

1. Расчет материального баланса установки по производству NaKMЦ мощностью 10000т/год и с учетом модифицирующей добавки NaKMЦ-ЛГ мощностью 12000т/год

1. Суточная производительность установки,

$$G_{mKMЦ}^{сут} = \frac{G_{KMЦ}}{m}; \text{ кг/сут} \quad (1)$$

$$G_{mKMЦ-ЛГ}^{сут} = \frac{G_{NaKMЦ-ЛГ}}{m}; \text{ кг/сут} \quad (1a)$$

2. Суточная производительность установки с учетом потерь,

$$G_{mKMЦ}^{сут+П} = G_{mKMЦ}^{сут} \left(1 + \frac{П}{100} \right); \frac{\text{кг}}{\text{сут}} \quad (2)$$

3. Суточная производительность установки по сухой технической NaKMЦ,

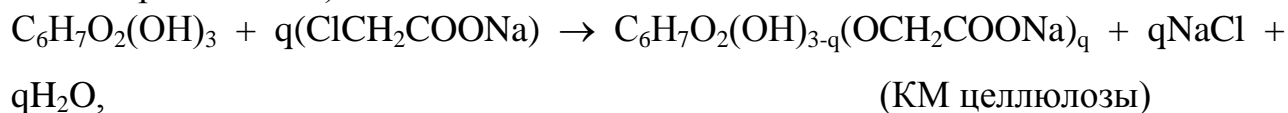
$$G_{mKMЦс}^{сут} = G_{mKMЦ}^{сут+П} \left(1 - \frac{C_{mKMЦ}^{H_2O}}{100} \right); \text{ кг/сут} \quad (3)$$

4. Суточная производительность установки в расчете на 100% сухую NaKMЦ,

$$G_{KMЦс}^{сут} = G_{mKMЦс}^{сут} \cdot \frac{C_{mKMЦ}^{KMЦ}}{100}; \text{ кг/сут} \quad (4)$$

1.1. Карбоксиметилирование целлюлозы

Основная реакция процесса протекает в соответствии с уравнением (для одного элементарного звена):



Где q – степень замещения Na-KMЦ, равная по заданию 0,85

$$M_{KMЦ} = 12 \cdot 6 + 1 \cdot 7 + 32 + 17 \cdot (3 - 0,85) + (16 + 12 + 2 + 12 + 32 + 23) \cdot 0,85 = 230$$

5. Суточная потребность в 100%-ной целлюлозе,

$$G_{цел}^{сут} = \frac{M_{цел} \cdot G_{KMЦс}^{сут}}{M_{KMЦ}}; \text{ кг/сут} \quad (5)$$

6. Суточная потребность в технической целлюлозе,

$$G_{\text{тцел}}^{\text{сут}} = \frac{G_{\text{цел}}^{\text{сут}} \cdot 100}{100 - C_{\text{цел}}^{\text{H}_2\text{O}} - C_{\text{цел}}^{\text{примеси}}}; \text{ кг/сут} \quad (6)$$

7. В технической целлюлозе содержится:

✓ $G_{\text{цел}}^{\text{сут}}$ кг/сут целлюлозы;

✓ воды, $G_{\text{тцел}}^{\text{H}_2\text{O}} = G_{\text{тцел}}^{\text{сут}} \cdot \frac{C_{\text{цел}}^{\text{H}_2\text{O}}}{100}$; кг/сут (7)

✓ примеси (жиры и смолы),

$$G_{\text{тцел}}^{\text{примеси}} = G_{\text{тцел}}^{\text{сут}} \cdot \frac{C_{\text{цел}}^{\text{примеси}}}{100}; \text{ кг/сут} \quad (7.1)$$

8. Количество хлорида натрия и воды, образовавшихся при карбоксиметилировании целлюлозы,

$$G_{\text{NaCl}}^{\text{KM}} = \frac{G_{\text{цел}}^{\text{сут}} \cdot q \cdot M_{\text{NaCl}}}{M_{\text{цел}}}; \text{ кг/сут} \quad (8)$$

$$G_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{KM}} = \frac{G_{\text{цел}}^{\text{сут}} \cdot q \cdot M_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{цел}}}; \text{ кг/сут} \quad (8.1)$$

9. Количество натрий монохлоруксусной кислоты, пошедшей на карбоксиметилирование целлюлозы,

$$G_{\text{NaMXUK}}^{\text{KM}} = \frac{G_{\text{цел}}^{\text{сут}} \cdot q \cdot M_{\text{NaMXUK}}}{M_{\text{цел}}}; \text{ кг/сут} \quad (9)$$

10. Количество влаги и NaДХУК в товарной форме натрий монохлоруксусной кислоты, пошедшей на карбоксиметилирование целлюлозы,

• вода,

$$G_{\text{тNaMXUK}}^{\text{H}_2\text{O}} = \frac{G_{\text{NaMXUK}}^{\text{KM}} \cdot C_{\text{NaMXUK}}^{\text{H}_2\text{O}}}{C_{\text{тNaMXUK}}^{\text{NaMXUK}}}; \text{ кг/сут} \quad (10)$$

• примеси,

$$G_{\text{тNaДХУК}}^{\text{NaДХУК}} = \frac{G_{\text{NaMXUK}}^{\text{KM}} \cdot C_{\text{тNaДХУК}}^{\text{NaДХУК}}}{C_{\text{тNaMXUK}}^{\text{NaMXUK}}}; \text{ кг/сут} \quad (10.1)$$

11. Суточная потребность в товарной натрий монохлоруксусной кислоте,

$$G_{\text{тNaMXUK}}^{\text{сут}} = G_{\text{NaMXUK}}^{\text{KM}} + G_{\text{тNaMXUK}}^{\text{H}_2\text{O}} + G_{\text{тNaДХУК}}^{\text{NaДХУК}} \text{ кг/сут} \quad (11)$$

12. Расход щелочи на реакцию карбоксиметилирования целлюлозы,

$$G_{NaOH}^{KM} = \frac{G_{цел}^{сут} \cdot q \cdot M_{NaOH}}{M_{цел}}; \text{ кг/сут} \quad (12)$$

13. Количество водного раствора щелочи заданной концентрации, пошедшего на карбоксиметилирование целлюлозы,

$$G_{ppNaOH}^{KM} = \frac{G_{NaOH}^{KM} \cdot 100}{C_{NaOH}}; \text{ кг/сут} \quad (13)$$

Побочной реакцией при карбоксиметилировании целлюлозы является гидролиз натрий монохлоруксусной кислоты, приводящий к неселективному расходованию как этого реагента, так и щелочи. Гидролизу подвергается также и натрий дихлоруксусная кислота.

1.2. Расчет гидролиза натрий дихлоруксусной кислоты

Гидролиз протекает по уравнению (Г2):



14. Расход щелочи на гидролиз натрий дихлоруксусной кислоты, содержащейся в товарной форме NaДХУК,

$$G_{NaOH}^{Г2} = \frac{G_{mNaДХУК}^{NaДХУК} \cdot M_{NaOH} \cdot 2}{M_{NaДХУК}}; \text{ кг/сут} \quad (14)$$

15. Количество водного раствора щелочи заданной концентрации, пошедшей на гидролиз натрий дихлоруксусной кислоты,

$$G_{ppNaOH}^{Г2} = \frac{G_{NaOH}^{Г2} \cdot 100}{C_{NaOH}}; \text{ кг/сут} \quad (15)$$

16. Количество воды, внесенной в реакционную массу со щелочью, пошедшей на карбоксиметилирование целлюлозы и гидролиз NaДХУК,

$$\sum G_{ppNaOH}^{H_2O} = (G_{ppNaOH}^{KM} - G_{NaOH}^{KM}) + (G_{ppNaOH}^{Г2} - G_{NaOH}^{Г2}); \text{ кг/сут} \quad (16)$$

17. Количество хлорида натрия, образовавшихся при гидролизе натриевой соли дихлоруксусной кислоты, содержащейся в виде примеси NaМХУК, вступившей в реакцию карбоксиметилирования целлюлозы,

$$G_{NaCl}^{\Gamma 2} = \frac{G_{mNaДХУК}^{NaДХУК} \cdot M_{NaCl} \cdot 2}{M_{NaДХУК}} \text{ кг/сут} \quad (17)$$

$$G_{(OH)_2CHCOONa}^{\Gamma 2} = \frac{G_{mNaДХУК}^{NaДХУК} \cdot M_{(OH)_2CHCOONa}}{M_{NaДХУК}} \frac{\text{кг}}{\text{сут}} \quad (17.1)$$

1.2. Расчет материального баланса исходных реагентов и продуктов, образующихся при карбоксиметилировании целлюлозы, без учета побочной реакции гидролиза NaМХУК

Взято:

1. Целлюлоза техническая $G_{mцел}^{сут}$; кг/сут
 - ✓ 100%-ная целлюлоза: $G_{цел}^{сут}$ кг/сут
 - ✓ влага: $G_{mцел}^{H_2O}$ кг/сут
 - ✓ примеси смол и жиров: $G_{mцел}^{примеси}$ кг/сут
2. Товарная форма NaМХУК $G_{mNaМХУК}^{сут}$ кг/сут
 - ✓ 100%-ная NaМХУК: $G_{NaМХУК}^{KM} = \frac{\text{кг}}{\text{сут}}$
 - ✓ влага: $G_{mNaМХУК}^{H_2O} = \text{кг/сут}$
 - ✓ NaДХУК: $G_{mNaДХУК}^{NaДХУК}$ кг/сут
3. Раствор NaOH
 - ✓ 100%-ная NaOH:

$$G_{NaOH}^{100\%} = G_{NaOH}^{KM} + G_{NaOH}^{\Gamma 2} \text{ кг/сут}$$
 - ✓ вода: $\sum G_{ppNaOH}^{H_2O}$ кг/сут

Получено:

1. NaКМЦ: $G_{KMЦс}^{сут}$ кг/сут
2. NaCl: $G_{NaCl} = G_{NaCl}^{KM} + G_{NaCl}^{\Gamma 2}$ кг/сут
3. Дигликолят натрия: $G_{(OH)_2CHCOONa}^{\Gamma 2}$ кг/сут
4. Вода: $\sum G_{H_2O}' = \sum G_{ppNaOH}^{H_2O} + G_{mцел}^{H_2O} + G_{H_2O}^{KM} + G_{mNaМХУК}^{H_2O}$ кг/сут
5. Примеси смол и жиров: $G_{mцел}^{примеси}$ кг/сут

Таблица 2.1

4.1.3.Баланс исходных реагентов и продуктов, образующихся при карбоксиметилировании целлюлозы, без учета побочной реакции гидролиза NaMXУК

№	Компоненты	кг/сут	% масс.
<u>Взято:</u>			
1	Целлюлоза техническая в том числе: 100%-ная целлюлоза влага примеси смол и жиров	$G_{тцел}^{сут}$ $G_{цел}^{сут}$ $G_{тцел}^{H_2O}$ $G_{примеси}$ $G_{тцел}$	
2	Товарная форма NaMXУК в том числе: 100%-ная NaMXУК влага NaДХУК	$G_{mNaMXУК}^{сут}$ $G_{NaMXУК}^{KM}$ $G_{H_2O}^{NaMXУК}$ $G_{mNaДХУК}$ $G_{mNaДХУК}$	
3	Раствор щелочи в том числе: 100%-ная NaOH Вода	$G_{ppNaOH}^{KM} + G_{ppNaOH}^{Г2}$ $G_{NaOH}^{KM} + G_{NaOH}^{Г2}$ $\sum G_{ppNaOH}^{H_2O}$	
Итого			
<u>Получено</u>			
1	Карбоксиметилированная целлюлоза	$G_{KMЦс}^{сут}$	
2	Хлорид натрия	G_{NaCl}	
3	Дигликолят натрия	$G_{(OH)_2CHCOONa}^{Г2}$	
4	Вода	$\sum G'_{H_2O}$	
5	Примеси смол и жиров	$G_{тцел}^{примеси}$	
Итого			

1.4.Гидролиз натрий монохлоруксусной кислоты

Гидролиз протекает по уравнению (Г1):



1.5. Расчет количества исходных реагентов и их мольного соотношения для производства NaKMЦ с заданными характеристиками

Таблица 2.2

Состав сухой товарной формы NaKMЦ

Компоненты	кг/сут	% масс
100%-ная NaKMЦ	(4)	
Соли	(3-4-7.1)	
Примеси жиров и смол	(7.1)	
Итого	(3)	100

На стадии карбоксиметилирования образовалось:

$$G_{\text{NaCl}}^{\Gamma 2} \text{ кг/сут}$$

$$G_{(\text{OH})_2\text{CHCOONa}}^{\Gamma 2} \text{ кг/сут}$$

$$G_{\text{NaCl}}^{\text{KM}} \frac{\text{кг}}{\text{сут}}$$

18. Количество солей, образовавшихся при гидролизе NaMXУК,

$$G'_{\text{соли}} = (3 - 4 - 7.1) - G_{\text{NaCl}}^{\Gamma 2} - G_{(\text{OH})_2\text{CHCOONa}}^{\Gamma 2} - G_{\text{NaCl}}^{\text{KM}} \text{ кг/сут} \quad (18)$$

Исходя из уравнения реакции гидролиза NaMXУК и NaДХУК и долевого содержания этих веществ в товарной форме NaMXУК (0,93 и 0,05 во влажной и 0,949 и 0,051 в сухой), определим доленое содержание гликолята натрия, дигликолята натрия и хлорида натрия, образовавшихся в результате гидролиза, а также часть щелочи, израсходованной на эти побочные реакции.

19. Долевые части образовавшихся продуктов:

- гликолята натрия,

$$\frac{116,5}{0,949} \cdot X_{\text{HOCH}_2\text{COONa}}^{\Gamma 1} = \frac{98}{X_{\text{HOCH}_2\text{COONa}}^{\Gamma 1}} \quad (19)$$

- дигликолята натрия

$$\frac{151}{114}$$

$$0,051 \quad X_{(\text{OH})_2\text{CHCOONa}}^{\Gamma 2} \quad X_{(\text{OH})_2\text{CHCOONa}}^{\Gamma 2} \quad (19.1)$$

- хлорида натрия,

$$116,5 \quad 58,5$$

$$0,949 \quad X_{\text{NaCl}}^{\Gamma 1} \quad X_{\text{NaCl}}^{\Gamma 1} \quad (19.2)$$

- хлорида натрия,

$$151 \quad 2*58,5$$

$$0,051 \quad X_{\text{NaCl}}^{\Gamma 2} \quad X_{\text{NaCl}}^{\Gamma 2} \quad (19.3)$$

Таблица 2.3.

Долевые части и количество образовавшихся продуктов:

Продукты	кг/сут	%масс
Гликолят натрия (19)	1	
Дигликолят натрия (19.1)	2	
Хлорид натрия (19.2)	3	
Хлорид натрия (19.3)	4	
итого	$G'_{\text{соли}}$	Σ

20. Израсходовано щелочи:

- на гидролиз NaMXУК,

$$116,5 \quad 40$$

$$0,949 \quad X_{\text{NaOH}}^{\Gamma 1} \quad X_{\text{NaOH}}^{\Gamma 1} \quad (20)$$

- на гидролиз NaДХУК,

$$151 \quad 2*40$$

$$0,051 \quad X_{\text{NaOH}}^{\Gamma 2} \quad X_{\text{NaOH}}^{\Gamma 2} \quad (20.1)$$

Всего на гидролиз:

$$X_{\text{NaOH}}^{\Gamma} = X_{\text{NaOH}}^{\Gamma 1} + X_{\text{NaOH}}^{\Gamma 2} \quad \text{Расход щелочи на реакцию гидролиза,}$$

$$G'_{\text{соли}} \quad \Sigma \quad G_{\text{NaOH}}^{\Gamma}; \text{ кг/сут} \quad (20.2)$$

21. Следовательно, раствора щелочи,

$$G_{ppNaOH}^{\Gamma} = G_{NaOH}^{\Gamma} \cdot \frac{100}{C_{NaOH}}; \text{ кг/сут} \quad (21)$$

Следовательно, воды в растворе щелочи,

$$G_{ppNaOH}^{H_2O} = G_{ppNaOH}^{\Gamma} - G_{NaOH}^{\Gamma}; \text{ кг/сут} \quad (21.1)$$

22. Общий расход 100% щелочи,

$$G_{NaOH}^{100\%} = G_{NaOH}^{KM} + G_{NaOH}^{\Gamma 2} + G_{NaOH}^{\Gamma}; \text{ кг/сут} \quad (22)$$

23. Расход NaMXУК на реакцию гидролиза,

$$G_{NaMXУК}^{\Gamma} = \frac{116,5}{98} \cdot G_{NaMXУК}^{\Gamma} \quad (23)$$

Соответственно воды в NaMXУК,

$$G_{NaMXУК}^{H_2O} = G_{NaMXУК}^{\Gamma} \cdot \frac{C_{NaMXУК}^{H_2O}}{C_{mNaMXУК}}; \text{ кг/сут} \quad (23.1)$$

24. Общий расход 100% NaMXУК,

$$G_{NaMXУК}^{KM} + G_{NaMXУК}^{\Gamma}; \text{ кг/сут} \quad (24)$$

25. Расход NaДХУК в реакции гидролиза,

$$G_{NaДХУК}^{\Gamma} = \frac{151}{114} \cdot G_{NaДХУК}^{\Gamma} \quad (25)$$

26. Общий расход натрий дихлоруксусной кислоты,

$$G_{mNaДХУК}^{NaДХУК} + G_{NaДХУК}^{\Gamma}; \text{ кг/сут} \quad (26)$$

27. Число молей реагентов:

$$N_{цел} = \frac{G_{цел}^{сут}}{M_{цел}}; \quad (27)$$

$$N_{NaOH} = \frac{G_{NaOH}^{100\%}}{M_{NaOH}}; \quad (27.1)$$

$$N_{NaMXУК} = \frac{G_{NaMXУК}}{M_{NaMXУК}}; \quad (27.2)$$

28. Соотношение реагентов,

$$\text{Целлюлоза:NaOH:NaMXУК} = N_{цел} : N_{NaOH} : N_{NaMXУК} \quad (28)$$

1.6. Расчет материального баланса исходных реагентов и продуктов, образующихся при карбоксиметилировании целлюлозы, с учетом побочной реакции гидролиза NaMXUK

Взято:

1. Целлюлоза техническая $G_{\text{цел}}^{\text{сут}}$ кг/сут (29)

✓ 100%-ная целлюлоза: $G_{\text{цел}}^{\text{сут}}$ кг/сут (30)

✓ влага: $G_{\text{цел}}^{\text{H}_2\text{O}}$ кг/сут (31)

✓ примеси смол и жиров: $G_{\text{цел}}^{\text{примеси}}$ кг/сут (32)

2. Товарная форма NaMXUK Σ кг/сут (33)

✓ 100%-ная NaMXUK:

$$G_{\text{NaMXUK}} = G_{\text{NaMXUK}}^{\text{KM}} + G_{\text{NaMXUK}}^{\Gamma} \text{ кг/сут} \quad (34)$$

✓ Влага:

$$\Sigma G_{\text{NaMXUK}}^{\text{H}_2\text{O}} = G_{\text{NaMXUK}}^{\text{H}_2\text{O}} + G_{\text{mNaMXUK}}^{\text{H}_2\text{O}} \text{ кг/сут} \quad (35)$$

✓ NaДХУК

$$\Sigma G_{\text{NaДХУК}}^{\text{NaДХУК}} = G_{\text{mNaДХУК}}^{\text{NaДХУК}} + G_{\text{NaДХУК}}^{\Gamma} \text{ кг/сут} \quad (36)$$

3. Раствор NaOH = кг/сут (37)

✓ 100%-ная NaOH: $G_{\text{NaOH}}^{100\%}$ кг/сут (38)

✓ Вода:

$$\Sigma G_{\text{H}_2\text{O}} = G_{\text{ppNaOH}}^{\text{H}_2\text{O}} + \Sigma G_{\text{ppNaOH}}^{\text{H}_2\text{O}} \text{ кг/сут} \quad (39)$$

Получено:

1. NaKMЦ: $G_{\text{KMЦc}}^{\text{сут}}$ кг/сут (40)

2. NaCl: $G_{\text{NaCl}} = G_{\text{NaCl}}^{\text{KM}} + G_{\text{NaCl}}^{\Gamma 2} + G_{\text{NaCl}'}^{\Gamma 1} + G_{\text{NaCl}''}^{\Gamma 2}$ кг/сут (41)

3. Гликолята натрия: $G_{\text{НОСН}_2\text{COONa}}^{\Gamma 1}$ кг/сут (42)

4. Дигликолят натрия: $G_{(\text{OH})_2\text{CHCOONa}}^{\Gamma 2} + G_{(\text{OH})_2\text{CHCOONa}}^{\Gamma 1}$ кг/сут (43)

5. Вода: $\Sigma G_{\text{H}_2\text{O}}'' = \Sigma G_{\text{H}_2\text{O}}' + G_{\text{ppNaOH}}^{\text{H}_2\text{O}} + G_{\text{NaMXUK}}^{\text{H}_2\text{O}}$ кг/сут (44)

6. Примеси смол и жиров: $G_{\text{тцел}}^{\text{примеси}}$ кг/сут (45)

Таблица 2.4

1.7. Баланс исходных реагентов и продуктов, образующихся при карбоксиметилировании целлюлозы, с учета побочной реакции гидролиза NaMXUK

№	Компоненты	кг/сут	% масс.
<u>Взято:</u>			
1	Целлюлоза техническая в том числе: <ul style="list-style-type: none"> • 100%-ная целлюлоза • влага • примеси смол и жиров 		
2	Товарная форма NaMXUK в том числе: <ul style="list-style-type: none"> • 100%-ная NaMXUK • влага • NaDXUK 		
3	Раствор щелочи в том числе: <ul style="list-style-type: none"> • 100%-ная NaOH • Вода 		
	Итого		100
<u>Получено</u>			
1	Карбоксиметилированная целлюлоза		
2	Хлорид натрия		
3	Гликолят натрия		
4	Дигликолят натрия		
5	Вода		
6	Примеси смол и жиров		
	Итого		100

Таблица 2.5

1.8.Баланс исходных реагентов и продуктов, образующихся при карбоксиметилировании целлюлозы, с учетом побочной реакции гидролиза NaМХУК, после сушки

№	Компоненты	кг/сут	т/год	%масс
<u>Взято:</u>				
1	Карбоксиметилированная целлюлоза			
2	Хлорид натрия			
3	Гликолят натрия			
4	Дигликолят натрия			
5	Вода			
6	Примеси смол и жиров			
	Итого			
<u>Получено</u>				
1	Карбоксиметилированная целлюлоза			
2	Хлорид натрия			
3	Гликолят натрия			
4	Дигликолят натрия			
5	Вода			
6	Примеси смол и жиров			
	Количество товарной продукции в том числе:			
	<ul style="list-style-type: none"> • NaКМЦ • потери при сушке 			
	Прочие компоненты: Влага, удаленная при сушке			
	итого			

Количество влаги:

$$G_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{исп}} = G_{\text{тКМЦ}}^{\text{сут+П}} - G_{\text{тКМЦс}}^{\text{сут}} \text{ кг/сут}$$

2.2. Расчет количества лигносульфоната для получения модифицирующей составляющей карбоксиметилированной целлюлозы

1. Расчет количества лигносульфоната,

Лигносульфоната берут 20% от карбоксиметилированной целлюлозы,

$$G_{\text{ЛГ}} = \frac{20 \cdot G_{\text{КМЦ}}}{100} \text{ т/год} \quad (28)$$

2. Суточная потребность в добавке лигносульфоната,

$$G_{\text{ЛГ}}^{\text{сут}} = \frac{G_{\text{ЛГ}}}{\text{т}} \text{ кг/сут} \quad (29)$$

Таблица 2.6

Материальный баланс модификации NaKMЦ лигносульфонатом

№	Компоненты	кг/сут	т/год	% масс
<u>Взято</u>				
1	NaKMЦ после сушки			
2	Модификатор – лигносульфонат			
	Итого			
<u>Получено</u>				
	Модифицированная NaKMЦ			

VI. Расчет основных аппаратов

Расчет реактора карбоксиметилирования

Технологические характеристики:

1. Объем межвиткового пространства, л	16
2. Диаметр шнеков, мм	160
3. Количество шнеков	2
4. Рабочая длина шнека, мм	2700
5. Расстояние между осями шнеков, мм	141
6. Скорость вращения шнеков, об/мин	50
7. Рабочее давление пара в камерах обогрева, кгс/см (МПа)	14 (1,4)
8. Расход пара, кг/час	15
9. Рабочее давление воздуха, кгс/см (МПа)	2-5 (0,2-0,5)
10. Расход воздуха, м ³ /час	2000
11. Расход воды на охлаждение сальника, кг/час	500
12. Суммарная мощность электрообогрева, кВт	21,6
13. Электродвигатель тип	АОП2-91-4УЗ
мощность, кВт	75
число оборотов, об/мин	1480

Пропускная способность данного аппарата примерно в два раза превышает расчетную суточную загрузку аппарата, то есть он может быть использован при необходимости увеличить производительность установки.

Тепловой расчет

Исходные данные:

1. Заданная температура смеси, °С	65
2. Температура входа компонентов, °С	35
3. Теплоноситель в рубашке	Вода
4. Температура входа воды, °С	20
5. Диаметр рубашки внутренний, мм	130
6. Диаметр рабочего цилиндра внутренний, мм	110
7. Длина цилиндра, мм	6500
8. Толщина стенки цилиндра, мм	5
9. Материал цилиндра	Ст.3
10. Диаметр штуцера входа воды, мм	20

Так как реакция карбоксиметилирования экзотермична, то необходимо отводить избыток тепла, выделяющегося в процессе реакций, и поддерживать температуру массы не более 65°С.

Тепловой баланс

Приход:

1. Тепло объединенного потока (целлюлоза, NaMXУК и щелочь)

$$Q_1 = G_{\text{потока}} \cdot C_{p\text{потока}} \cdot t_1,$$

Где $C_{p\text{потока}}$ - теплоемкость смеси, равная 1,89 кДж/(кг*град);

t_1 - температура входа смеси, равная 35°C;

$G_{\text{потока}}$ - приход объединенного потока, кг/час:

$$= \frac{G_{\text{мцел}}^{\text{сут}} + G_{\text{мNaMXУК}} + G_{\text{ppNaOH}}}{24} \text{ кг/ч}$$

$$=(29)+(33)+(37))$$

2. Тепло реакции карбоксиметилирования целлюлозы,

$$Q_2 = G_{\text{NaMXУК}} \cdot q_p,$$

Где q_p - тепловой эффект процесса, кДж/моль;

$G_{\text{NaMXУК}}$ - количество NaMXУК, которое прореагировало в процессе реакции, кг/ч

$$G_{\text{NaMXУК}} = \frac{G_{\text{мNaMXУК}}}{24} \text{ кг/ч};$$

Расход:

1. Тепло реакционной массы на выходе,

$$Q_3 = G_{\text{смеси}} \cdot C_{p\text{смеси}} \cdot t_2,$$

Где $C_{p\text{смеси}}$ - теплоемкость смеси, 2,808 кДж/(кг*град)

t_2 - температура выхода смеси, равная 65°C;

$G_{\text{смеси}}$ - количество веществ, образовавшихся в результате реакции, кг/час, равная

$$G_{\text{потока}} = 1560,24 \text{ кг/ч};$$

2. Тепло, отводимое с охлаждающей водой (Q_4),

Уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4, \text{ откуда } Q_4 = Q_1 + Q_2 - Q_3,$$

Таблица 3.1.

Тепловой баланс реактора карбоксиметилирования

№	наименования	кДж/ч
<u>Приход:</u>		
1	Тепло объединенного потока	
2	Тепло реакции карбоксиметилирования	
	Итого	
<u>Расход:</u>		
1	Тепло реакционной массы на выходе	
2	Тепло, отводимое с охлаждающей водой	
	Итого	

Максимальный расход воды в рубашке

$$G_B = V_B^{\text{ш}} \cdot F_{\text{ш}} = V_B^{\text{ш}} \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{ш}}^2}{4},$$

Где $V_B^{\text{ш}}$ - скорость воды в штуцере, равная 4 м/с;

$F_{\text{ш}}$ - площадь сечения штуцера, м²;

$d_{\text{ш}}$ - диаметр штуцера, равный 0,01м;

Так как в головке два штуцера ввода воды, суммарный расход составит:

$$G_B = G_B \cdot 2 \text{ кг/ч}$$

Температура выхода воды

$$Q_3 = G_B \cdot C_{p\text{воды}} \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}),$$

Где $C_{p\text{воды}}$ - удельная теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг*град);

$t_{\text{вых}}, t_{\text{вх}}$ - температура выхода и входа воды соответственно, °С.

Откуда:

$$t_{\text{вых}} = \frac{Q_3}{G_B \cdot C_{p\text{воды}}} + t_{\text{вх}} \text{ } ^\circ\text{C}$$

Скорость течения воды в рубашке

$$V_p = \frac{G_B}{F_p} = \frac{G_B}{\frac{\pi \cdot (D_H^2 - D_{\text{ВН}}^2)}{4}}$$

Где F_p - площадь живого сечения канала рубашки, m^2 ;

D_H, D_{BH} - наружный и внутренний диаметр полости рубашки, м;

Расчет времени пребывания смеси

Так как реактор содержит в основном транспортирующие витки, расчет времени пребывания производится по формуле:

$$\tau = \frac{60 \cdot Z_1}{n} + \frac{60 \cdot Z_2}{n},$$

Где n – число оборотов шнеков, 50 об/мин;

Z_1, Z_2 - количество транспортирующих витков с шагом 36 и 24, равны $Z_1 = 20$, $Z_2 = 28$;

С учетом двух зон с обратными витками время пребывания в реакторе составит ~1,9мин.

Коэффициент теплопередачи (линейный)

$$K_e = \frac{\pi}{1/(\alpha_1 \cdot \alpha_{BH}) + 1/(2 \cdot \lambda) \cdot \ln(\alpha_H/\alpha_{BH}) + 1/(\alpha_2 \cdot \alpha_H)},$$

Где α_1, α_2 - частные коэффициенты теплопередачи, $ккал/(m^2 \cdot ч \cdot град)$;

α_H, α_{BH} - наружный и внутренний диаметр рабочего цилиндра, м;

λ - коэффициент теплопроводности стенки цилиндра, равный $40 ккал/(кг \cdot град)$ для Ст.3.

Смесительная головка со шнекоштырьевой мешалкой по структуре потоков относится к аппаратам идеального перемешивания. Поэтому с учетом очищающего действия мешалки температура стенки в рабочей полости принимается равной заданной температуре смеси $65^\circ C$.

Коэффициент теплопередачи преобразуется к виду:

$$K_e = \frac{\pi}{1/(2 \cdot \lambda) \cdot \ln(\alpha_H/\alpha_{BH}) + 1/(\alpha_2 \cdot \alpha_H)},$$

Определим коэффициент теплоотдачи от стенки цилиндра к охлаждающей воде.

Режим течения определяется по критерию Re :

$$Re = \frac{V_p \cdot d_3 \cdot \rho_{H_2O}}{\mu \cdot g},$$

Где V_p - скорость течения воды в рубашке, м/с;

d_3 - эквивалентный диаметр рубашки, равный 0,02м;

ρ_{H_2O} - плотность воды, кг/м³;

μ -динамический коэффициент вязкости воды при $t=20^\circ\text{C}$ равен 10^{-4} кгс/м²;

g - ускорение свободного падения, равное $9,8\text{м/с}^2$;

Режим течения переходный.

Для определения коэффициента теплоотдачи используется критериальное уравнение для вынужденного движения в кольцевом канале:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \cdot (D_B/d_H)^{0,45} \cdot \varphi,$$

Где D_B - внутренний диаметр рубашки, м;

d_H - наружный диаметр цилиндра, м;

λ - теплопроводность воды при 20°C , ккал/(м*ч*град);

φ - коэффициент, учитывающий режим течения, равный 0,6.

Критерий Прандтля находится по формуле:

$$Pr = \frac{C_1 \cdot \mu \cdot g}{\lambda_{H_2O}},$$

Коэффициент теплопередачи находится из выражения:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d_3}{\lambda} \Rightarrow \alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_3} \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$$

Коэффициент теплопередачи равен K_e

Потребная длина рабочего цилиндра

$$L = \frac{Q_4}{K_e \cdot \Delta t_{cp}},$$

Средняя разность температур определяется из температурной схемы:

$$\Delta t_1 = t_{вх}^c - t_{вх}^B \quad ^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_2 = t_{вых}^c - t_{вых}^B;$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2}$$

Так как длина выбранного рабочего цилиндра равна 2,7 м, то указанный аппарат успешно справится с задачей отвода тепла.

Расчет сушилки

Исходные данные

1.Количество сырой реакционной массы, поступающей на сушилку, $G_{см}$, кг/ч	1560,24
2.Коэффициент теплопередачи K , Вт/(м ² *град); ккал/ (м ² *град);	150;129,3
3.Начальная влажность U_H , %	24,1
4.Конечная влажность U_K , %	8
5.Теплоемкость воды $Cp_{воды}$, ккал/(кг*град); кДж/(кг*град)	1; 4,19
6.Начальная температура t_H , °С	65
7.Конечная температура t_K , °С	80
8.Телоемкость готового продукта $Cp_{пр} = C_{NaKMЦ}$, ккал/(кг*град); кДж/(кг*град)	0,9; 3,59
9.Теплоемкость воздуха $Cp_{возд}$, кДж/(кг*град)	1,05
10.Скорость воздуха в сушилке, м/с, не более	2
11.Коэффициент теплопотерь, $K_{п}$	1,1

Тепловой баланс

Приход:

1.Тепло с сырой массой,

$$Q_1 = G_{см} \cdot Cp_{смеси} \cdot t_2,$$

Где $G_{см}$ - количество сырой массы, поступающей в сушилку, кг/ч;

$Cp_{смеси}$ - теплоемкость смеси, равная 2,808 кДж/(кг*град);

t_2 - температура выхода смеси, равная 65°С.

2.Тепло с горячим воздухом,

$$Q_2 = G_{возд} \cdot Cp_{возд} \cdot t_4,$$

Где $G_{возд}$ - количество воздуха, поступающей в сушилку, кг/ч;

$Cp_{смеси}$ - теплоемкость воздуха, равная 1,05 кДж/(кг*град);

t_2 - температура поступающего воздуха, равная 120°С.

Расход

1.Тепло с сухой NaKMЦ,

$$Q_3 = G_{NaKMЦ} \cdot Cp_{NaKMЦ} \cdot t_3,$$

Где $Cp_{смеси}$ – теплоемкость NaKMЦ, равная 3,59кДж/(кг*град);

t_2 - температура на выхода продукта, равная 80°С

$G_{NaKMЦ}$ - количество NaKMЦ, выходящей из сушилки, кг/ч:

$$G_{\text{NaKMЦ}} = \frac{G_{\text{mNaKMЦ}}^{\text{сут}}}{24} \text{ кг/ч}$$

2. Тепло с парами воды (в отработанном воздухе):

$$Q_4 = G_{\text{воды}} \cdot C_{p\text{ воды}} \cdot t_3,$$

Где $C_{p\text{ воды}}$ – теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг*град);

t_2 - температура отработанного воздуха, равная 80°С

$G_{\text{воды}}$ - количество воды, удаляемой в процессе сушки, кг/ч:

3. Тепло отработанного воздуха:

$$Q_5 = G_{\text{возд}} \cdot C_{p\text{ возд}} \cdot t_3,$$

Где $G_{\text{возд}}$ - количество воздуха, кг/ч;

$C_{p\text{ смеси}}$ - теплоемкость воздуха, равная 1,05 кДж/(кг*град);

t_2 - температура поступающего воздуха, равная 80°С.

Уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5,$$

$$Q_1 + G_{\text{возд}} \cdot C_{p\text{ возд}} (120 - 80) = Q_3 + Q_4,$$

Откуда,

$$G_{\text{возд}} = \frac{Q_3 + Q_4 - Q_1}{C_{p\text{ возд}} (120 - 80)} \text{ кг/ч}$$

С учетом теплотерь при $K_{\text{п}}=1,1$ горячего воздуха на одну секцию потребуется:

$$G_{\text{возд}} = G_{\text{возд}} \cdot \frac{1,1}{4} \text{ кг/ч}$$

Таблица 3.2.

Тепловой баланс сушки реакционной массы

№	Наименование	кДж/ч
<u>Приход:</u>		
1	Тепло с сырой массой	
2	Тепло с горячи воздухом	
	Итого	
<u>Расход:</u>		
1	Тепло с сухой NaKMЦ	
2	Тепло с парами воды	
3	Тепло отработанного воздуха	
	Итого	

Скорость потока воздуха

$$u_{\text{возд}} = \frac{V_{\text{взд}}}{S_{\text{раб}}},$$

Где $S_{\text{раб}} = \frac{V_{\text{раб}}^{\text{суш}}}{H_{\text{суш}}} M^2,$

Молярная масса воздуха:

$$M_{\text{возд}} = M_{N_2} \cdot 0,79 + M_{O_2} \cdot 0,21 = 28 \cdot 0,79 + 32 \cdot 0,21 = 28,8 \text{ кг/кмоль}$$

Молярный расход воздуха на одну секцию:

$$N_{\text{возд}} = \frac{G_{\text{возд}}}{M_{\text{возд}}} \text{ кмоль/ч}$$

Приложение 1.

Титульный лист курсового проекта (работы)

Российский государственный Университет нефти и газа
им. И.М. Губкина

Факультет химической технологии и экологии
Кафедра технологии химических веществ для нефтяной и газовой
промышленности

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)

на тему:

«-----
-----»

Выполнил:
Студент гр. ХТ-....-.....
Фамилия И.О.
Подпись _____

Проверил:
Должность, Фамилия И.О.
Оценка _____
Рейтинг _____
Подпись _____
Дата _____ -

Москва – 20... г.

Литература

1. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию / под ред. Ю.И. Дытнерского – М.: Химия, 1991. – 271 с.
2. Казанская А.С., Скобло В.А. Справочные таблицы по курсу «Химическая термодинамика»-М.: МИНХ и ГП им. И.М.Губкина,1971.– 67 с.
3. Белов П. С., Крылов И. Ф., Тонконогов Б. П. Методические указания по оформлению графической части курсовых и дипломных проектов – М.: МИНГ, 1987. – 64 с.
4. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей - М.: ООО «Страс», 2006. – 720 с.
5. Вихман Г. Л., Круглов С. А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов - М.: Машиностроение, 1978. – 327 с.
6. Вукалович М.П., Ривкин С.Л., Александров А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. – М.: Изд-во стандартов, 1969. – 408 с.
7. Справочник химика /под ред. Б.П. Никольского. т.2. – М.: Химия, 1964, 1168 с.
8. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
9. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1981. – 560 с.
10. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии: Учебник для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 677 с.
11. Проектирование и расчет аппаратов основного органического и нефтехимического синтеза / Под ред. Н.Н.Лебедева: Учебное пособие. – М.: Химия,1995. – 256 с.