

ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РЕЗЕРВА ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ КОЛОННОЙ СИНТЕЗА МЕТАНОЛА

У роботі запропонований алгоритм роботи системи керування з моделлю колони синтезу метанола у виробництві метанола. Алгоритм складається із двох етапів: перший – пошук наближеного розв'язку й перехід об'єкта керування в область близьку до оптимальної; другий – тонке підстроювання оптимальних значень із використанням пошукового алгоритму

Ключові слова: колона синтезу метанола, алгоритм пошуку, математична модель, оптимальний режим

В работе предложен алгоритм работы системы управления с моделью колонны синтеза метанола в производстве метанола. Алгоритм состоит из двух этапов: первый – поиск приближенного решения и перевод объекта управления в область близкую к оптимальной; второй – тонкая подстройка оптимальных значений с использованием поискового алгоритма

Ключевые слова: колонна синтеза метанола, алгоритм поиска, математическая модель, оптимальный режим

М. Г. Лория

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра электронных аппаратов*

E-mail: atp02@ukr.net

А. Б. Целищев

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра компьютерно-интегрированных
системы управления*

E-mail: atp00@ukr.net

П. Й. Елисеев

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра оборудования химических производств*

E-mail: petr.eliseev@list.ru

Д. Абдалхамид

Аспирант
Кафедра электронных аппаратов*

E-mail: atp01@ukr.net

*Технологический институт Восточноукраинского
национального университета им. В. Даля (г. Северодонецк)
пр. Советский, 59 а, г. Северодонецк, Украина, 93400

1. Введение

Непрерывные крупнотоннажные производства, такие, например, как производство метанола, характеризуется большим количеством аппаратов, потребляемой энергии и сырьевых ресурсов [1]. Проведение технологического аудита показало, что колонна синтеза метанола является аппаратом, который содержит основной производственный резерв для увеличения производительности агрегата синтеза метанола. Оптимальная для данного аппаратурного оформления система управления с моделью колонной синтеза метанола позволит вести производственный процесс синтеза метанола в оптимальных условиях, тем самым задействовав промышленный резерв.

2. Анализ исследований и публикаций

Колонна синтеза в производстве метанола работает следующим образом. Синтез-газ с температурой порядка 50 °С подается в цикл синтеза. На входе колонны синтеза 1 газ разделяется на четыре потока: основ-

ной ход (ОХ) и холодные байпасы (ХБ). Синтез-газ, который подается в колонну по ОХ проходит через рекуперативный теплообменник 2, где нагревается до температуры порядка 230 °С отходящим из колонны газом [2].

Нагретый до температуры 230 °С газ подается на первую полку колонны синтеза 1. Для поддержания рабочей температуры на полках реактора, которая составляет около 280 °С, используют ХБ 1–4.

Колонна синтеза представляет собой сложный объект управления, характеризующийся большим количеством внутренних связей. На типовом производстве аммиака [2] температуры на полках колонны синтеза выставляются оператором-технологом вручную. Такой подход не может обеспечить оптимальную работу колонны синтеза при изменениях нагрузки на аппарат, состава синтез-газа, свойств катализатора.

С точки зрения управления, данный реактор является сложным объектом, которые характеризуются большим количеством возмущающих параметров и множественными внутренними связями. Реактор работает следующим образом. Циркуляционный газ на входе колонны разделяется на два потока (делитель Д 1):

основной ход, который через встроенный теплообменник ТО, где он нагревается теплом отходящих газов до температуры порядка 230 °С, подается на первую полку реактора П 1; и холодный байпас, который, в свою очередь, делится на три потока (делитель Д 2) и предназначен для поддержания температуры на полках реактора П 1–П 3 диапазоне 225–280 °С. На полках реактора протекает экзотермическая реакция синтеза аммиакаметанола метанола. С выхода третьей полки газ подается во встроенный теплообменник ТО, где отдает свое тепло газу, поступающему в колонну. [1]

Информационно-логическая схема трехполочного газового реактора приведена на рис. 2.

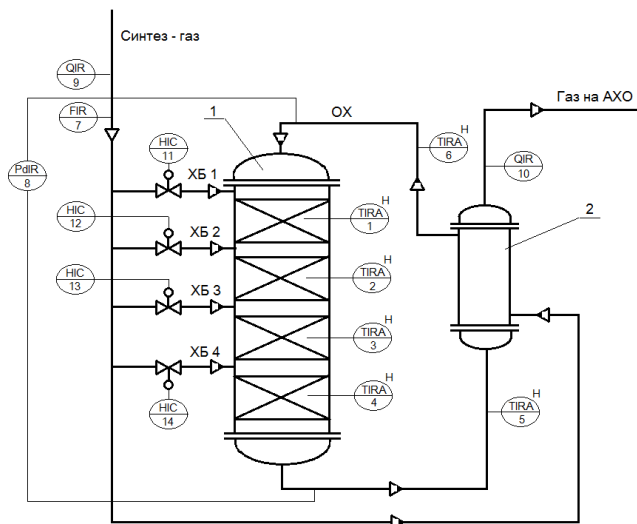


Рис. 1. Схема многополочного газового реактора производства метанола (1 – колонна синтеза, 2 – рекуперативный теплообменник)

Условимся называть выходными параметрами параметры системы, которые характеризуют ее состояние и поддержание значений которых является целью системы регулирования. Регулирующие параметры – параметры, при помощи которых ведется регулирование (расходы материальных и энергетических потоков). Возмущающие параметры – параметры, которые оказывают влияние на выходные параметры, но не могут быть регулирующими [2].

Анализ технологического процесса, происходящего в трехполочном газовом реакторе, как объекта управления показывает, что технологический объект имеет две выходные координаты: концентрацию целевого продукта Q_3 на выходе из реактора и температуру T_3' газа на выходе реактора после теплообменника ТО [3–5]. Для данного объекта температурный режим по высоте газового реактора однозначно определяет концентрацию целевого компонента на его выходе, а, следовательно, и температуру T_3 , которая определяет температуры T_0 и T_3' . Исходя из того, что с достаточной степенью точности объект можно рассматривать как замкнутую термодинамическую систему, величина концентрации Q_3 однозначно определяет температуры T_3 , и, соответственно, T_0 и T_3' . Поэтому регулирование или стабилизация температуры T_3' не имеет в данном случае особого смысла. Особенностью данного объекта является то, что для регулирования одного параметра – концентрации целевого компонента Q_3 используются три регулирующих параметра – подачи холодных байпасов циркуляционного газа на полки с катализатором. К возмущающим параметрам относятся расход циркуляционного газа $F_{ц.г.}$, его температура $T_{ц.г.}$ и концентрация целевого компонента на входе реактора Q_0 . Давление циркуляционного газа P можно отнести к возмущающим координатам, потому что, во-первых, этот параметр стабилизируется компрессором синтез-газа, во-вторых, при степени конверсии

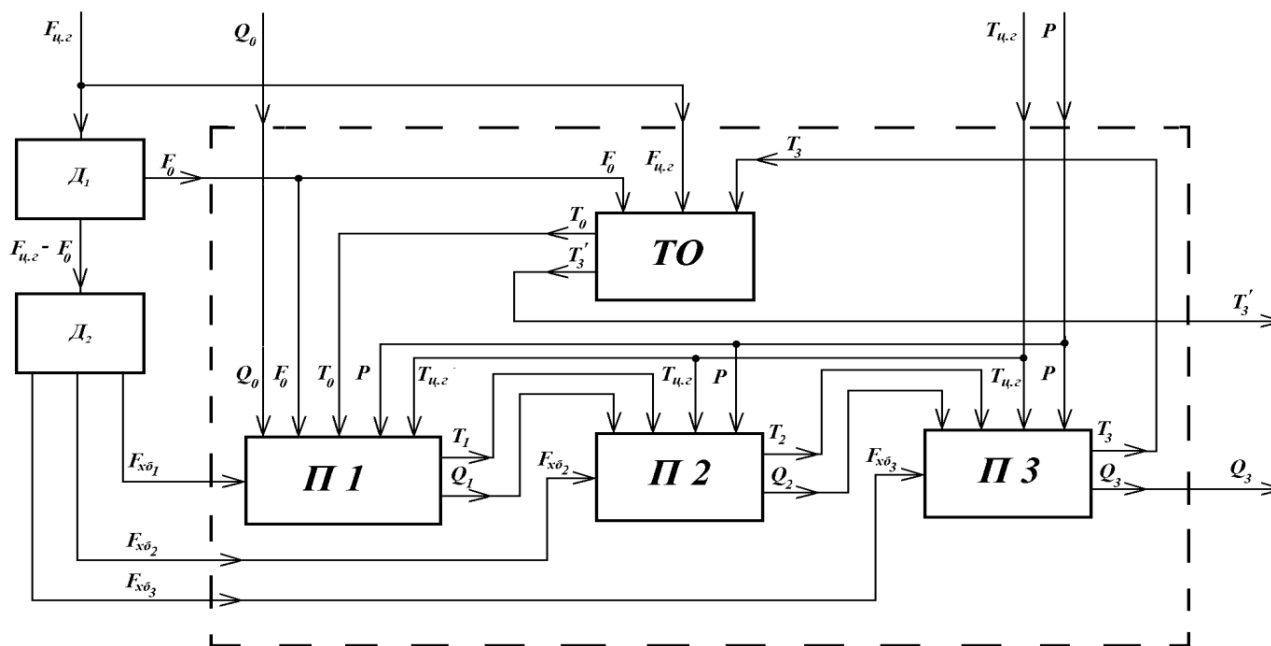


Рис. 2. Информационно-логическая схема трехполочного газового реактора со встроенным теплообменником D_1, D_2 – математические операторы деления потока, П 1, П 2, П 3 – полки реактора, ТО – теплообменник

синтез-газа в готовый продукт порядка 10 % уменьшение давления за счет реакции составляет примерно 5 %. Следовательно, при изменении степени конверсии в пределах 8...12 % давление изменится в пределах 4...6 %, что укладывается в погрешность измерительного канала давления.

3. Формирование целей и задач

Цель и задача исследования – нахождение путей обеспечения максимальной эффективности работы колонны синтеза метанола в условиях вариации нагрузки и возмущения путем разработки алгоритма поиска оптимальных расходов синтез – газа по физическим каналам колонны синтеза метанола.

Задача предлагаемой системы управления заключается в корректировке коэффициентов модели, решении оптимизационной задачи и стабилизации расходов холодных байпасов на рассчитанных значениях. Решением оптимизационной задачи является нахождение значений расходов холодных байпасов, при которых в данных условиях степень конверсии синтез-газа в целевой продукт будет максимальной.

4. Постановка и решение оптимизационной задачи

Цель оптимального управления газовым трехполочным реактором заключается в том, чтобы перераспределить циркуляционный синтез-газ для достижения максимальной степени конверсии, и, соответственно, максимальной концентрации целевого компонента [6].

Для решения поставленной задачи в данной работе предлагается разработать математическую модель и решить оптимизационную задачу. На первом этапе разрабатывается детерминированная модель. Несмотря на ее невысокую точность, она дает возможность оценить вид критериальной функции в широком диапазоне изменения аргументов с учетом ее многоэкстремальности, и выделить область глобального экстремума. На втором этапе выполняется адаптация модели на основе экспериментальных данных, получаемых с объекта управления, на основе вероятностных методов. Это позволяет обеспечить точность моделируемых параметров за счет естественного учета всех возмущающих воздействий [7, 8].

Создание адекватной модели подразумевает учет нелинейности зависимостей выходных параметров процесса от входных. Это неминуемо приводит к увеличению степени уравнений, которыми описывается объект управления. Использование уравнений высоких порядков существенно осложняет процесс оптимизации – поиск оптимальных значений параметров технологического процесса. В большинстве случаев приходится прибегать к приближенным решениям, что снижает точность разрабатываемой модели.

В работах [2, 6–8] описана предлагаемая система управления и получены статические и динамические модели колонны. Для реализации предложенной системы необходимо разработать и реализовать алгоритм поиска оптимальных расходов синтез-газа по

основном уходу и «холодным» байпасам колонны синтеза метанола.

В работе [4] показано, что концентрация метанола на выходе колонны синтеза метанола является функцией от расходов синтез-газа по физическим каналам колонны синтеза ($F_{x61} - F_{x63}$ и F_0 – расходы синтез-газа по «холодным» байпасам и основному ходу), расхода циркуляционного газа $F_{ц.г.}$ (нагрузка на колонну), его температуры $T_{ц.г.}$, температуры синтез-газа, который подается по каналу основного хода на входе колонны T_0 , давления в колонне и концентрации метанола в газе на входе колонны:

$$Q_3 = f(F_{x61}, F_{x62}, F_{x63}, F_0, F_{ц.г.}, T_{ц.г.}, T_0, Q_0, P). \quad (1)$$

Ввиду сложности и громоздкости данного уравнения ограничимся в статье его общим видом. Для того чтобы найти максимум концентрации метанола на выходе реактора, для фиксированного значения нагрузки $F_{ц.г.}$, в целесообразно применить многопараметрическую оптимизацию [9]. Современные средства вычислительной техники, используемые для управления производством, позволяют в приемлемое время получить решение [10–16]. Тем не менее, получить желаемое решение задачи в данной постановке вряд ли возможно. Главным образом это связано с наличием сильных неконтролируемых возмущений на объекте. К ним относятся изменение активности катализатора, гидродинамических режимов в колонне и др. Поэтому решение многопараметрической оптимизационной задачи модели можно рассматривать не более как быстрый шаг в близкую окрестность точки экстремума. Для этого необходимо построить срез функции (1) для фиксированных значений расходов F_{x63} с определенным шагом. Графическое решение данного уравнения для произвольно выбранного среза приведено на рис. 3.

Результатом решения оптимизационной задачи в алгоритме работы системы управления с моделью колонной синтеза метанола в производстве метанола для заданной нагрузки на агрегат ($F_{ц.г.} = \text{const}$) являются оптимальные значения расходов синтез-газа по физическим каналам «холодных» байпасов. Полученные значения расходов реализуются через работу исполнительных механизмов и регулирующих клапанов, установленных в линиях подачи «холодных» байпасов.

Таким образом, для фиксированных значений расхода F_{x63} с определенным шагом получаем значения максимумов функций концентрации. Графически эта функция будет иметь вид.

Таким образом, в работе системы управления реализуется быстрый выход объекта управления на режим близкий к оптимальному (рис. 4).

Ввиду того, что точность модели не одинакова во всех точках процесса, координаты реального экстремума концентрации (экспериментальное значение) могут отличаться от рассчитанного по модели теоретического значения. Для более точного перехода объекта в оптимальный режим на следующем этапе работы системы предлагается использовать поисковый алгоритм Хука-Дживса [9].

Информация, полученная при переходе объекта управления в область близкую к оптимальной, ис-

пользуется в качестве базисной точки поискового алгоритма. Кроме того, данные, полученные по детерминированной модели, используются при определении направления поиска по образцу и величины шага. Это позволяет существенно сократить число пробных шагов при реализации алгоритма, время поиска и повысить вероятность нахождения ближайшей окрестности действительного оптимума.

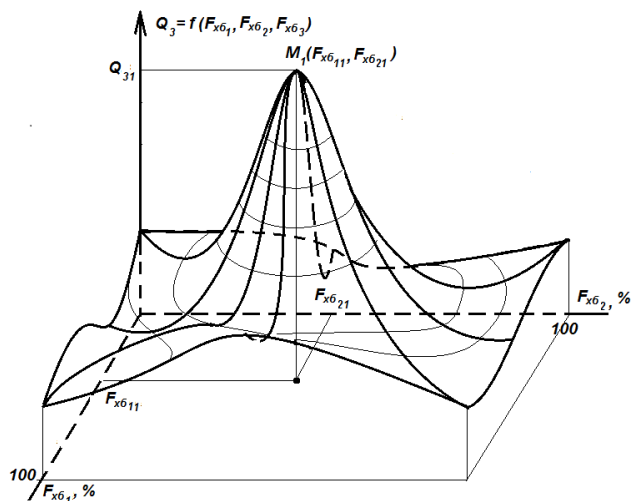


Рис. 3. Графическое решение уравнения (1)

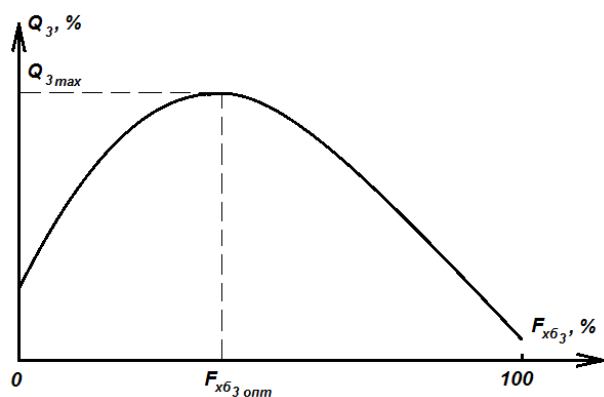


Рис. 4. Решение оптимизационной задачи

Практическая реализация достаточно сложных алгоритмов стала возможной благодаря широкому применению средств вычислительной техники, обладающих высокой вычислительной мощностью. Благодаря тому, что скорость и объем вычислительных процедур перестает быть критическим ограничением работы системы, появляется возможность оптимизировать структуру системы, повысить дружелюбность интерфейса, а также качество и надежность системы в целом [10–16].

В отличие от способа управления колонной синтеза метанола на реальном производстве, где управление проводится вручную с использованием рекомендаций технологического регламента, предложенная система управления с моделью и алгоритм ее функционирования позволяют вести технологический процесс синтеза метанола в условиях, близких к оптимальным. Учи-

таявая крупнотоннажность и непрерывность производства метанола (годовой объем производства метанола на ЧАО «Северодонецком объединении «Азот»» 100 тыс. тонн) экономическая целесообразность предлагаемой системы не вызывает сомнений.

4. Выводы

Авторами предложен подход к обеспечению стабильной эффективности работы агрегата и алгоритм его реализации. Алгоритм состоит из двух частей: первая – поиск приближенного решения и перевод объекта управления в область близкую к оптимальной; вторая – тонкая подстройка оптимальных значений с использованием поискового метода.

Данный алгоритм реализован в SCADA TRACE MODE 6 в системе АСУ производства метанола на ЧАО «Северодонецкое объединение Азот».

Промышленные испытания подтвердили увеличение объема выпуска метанола до 2 %, что в годовом эквиваленте составляет до 2 тыс. тонн метанола.

Литература

1. Амелин, А. Г. Общая химическая технология [Текст] / А. Г. Амелин, А. М. Кутепов. – М.: Химия, 1977. – 324 с.
2. Абдалхамид, Д. Адаптація мат моделі реактора синтезу метанола [Текст] / Д. Абдалхамид, М. Г. Лорія, А. Б. Целищев, П. Й. Елисеєв, И. И. Захаров // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 6, № 3 (66). – С. 4–7.
3. Стенцель, Й. І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв: Підручник [Текст] / Й. І. Стенцель, О. В. Поркуян. – Луганськ: вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, 2010. – 300 с.
4. Целищев, О. Б. Математичне моделювання технологічних об'єктів [Текст] : підручник / О. Б. Целищев, П. Й. Елисеєв, М. Г. Лорія, І. І. Захаров. – Луганськ. Вид-во Східноукр. нац. унів. ім. В. Даля, 2011. – 421 с.
5. Кафаров, В. В. Принципы математического моделирования химико-технологических систем [Текст] / В. В. Кафаров, В. Л. Перов, В. П. Мешалкин и др. – М.: Химия, 1974. – 344 с.
6. Абдалхамид, Д. Система екстремального управління многополочным реактором с моделью [Текст] / Д. Абдалхамид, М. Г. Лорія, А. Б. Целищев, П. И. Елисеєв // Вісник СХУ. – 2012. – № 15 (186), Ч. 2. – С. 152–156.
7. Абдалхамид, Д. Динамічна модель газового реактора [Текст] / Д. Абдалхамид, М. Г. Лорія, О. Б. Целищев, П. Й. Елисеєв // ВОТТП. – 2013. – №4. – С. 31–35.
8. Абдалхамид, Д. Разработка комбинированной модели для задач оптимизации [Текст] / Д. Абдалхамид, М. Г. Лорія, А. Б. Целищев, П. Й. Елисеєв // Наука и техника. – 2014. – №3. – С. 23–28.
9. Банди, Б. Методы оптимизации. Вводный курс [Текст] / Б. Банди; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.
10. Второй фронт ХТС [Текст] / The Chemical Journal. – 2002. – С. 50–54.

11. Spatial Self-Organization in One Process of Chemical Technology [Text] : inter. conf. / Differential Equations and Dynamical Systems. – Canada. Waterloo, 1997. – 166 p.
12. Thermal Spots in an Industrial Packed Bed Catalytic Reactor [Text] : intern. conf. / Dynamical Systems and Differential Equations (ICDSDE) Abstracts Book. – USA, Kennesaw, 2000. – 81 p.
13. Fuzzy Modeling for Control [Text] / Kluwer, 1998. – 122 p.
14. Driankov, D. Advances in Fuzzy Control [Text] / D. Driankov, R. Palm // Physica-Verlag. Heidelberg. Germany. – 1988. – P. 129–137.
15. Pedrycz, W. An Introduction to Fuzzy Sets: Analysis and Design. [Text] / W. Pedrycz, F. Gomide // MIT Press. Hardcover. – 1998. – № 2. – P. 24–41.
16. Seraya, O. V. Linear regression analysis of a small sample of fuzzy input data [Text] / O. V. Seraya, D. A. Demin // Journal of Automation and Information Sciences. – 2012. – № 44 (7). – P. 34–48.

Досліджено процес формування структури і властивостей шкіряного напівфабрикату при м'якшенні. Ефективне проведення м'якшення забезпечується оптимальним співвідношенням між тривалістю процесів зоління і м'якшення при фіксованому технологічному режимі обробки сировини. Для виробництва еластичних шкір хромового дублення (взуттєвих, одягових, галантерейних) встановлена тривалість зневолошування–зоління та м'якшення з використанням ферментного препарату Chetizum ВН

Ключові слова: ферментні препарати, протеолітична активність напівфабрикат, голина, зоління, м'якшення, фізико-хімічні властивості

Исследован процесс формирования структуры и свойств кожевенного полуфабриката во время мягчения. Эффективное проведение мягчения обеспечивается оптимальным соотношением между продолжительностью процессов золеня и мягчения с фиксированным технологическим режимом обработки сырья. Для производства эластичных кож хромового дубления (обувных, одяжных, галантерейных) определена продолжительность обезволаживания–золеня и мягчения с использованием ферментного препарата Chetizum ВН

Ключевые слова: ферментные препараты, протеолитическая активность, полуфабрикат, голие, золение, мягчение, физико-механические свойства

УДК 675.023.6

ФЕРМЕНТНА ОБРОБКА ШКІРЯНОГО НАПІВФАБРИКАТУ В ПРОЦЕСІ М'ЯКШЕННЯ

А. Г. Данилкович

Доктор технічних наук, професор
Кафедра технології шкіри та хутра*

E-mail: ag101@ukr.net

О. О. Романюк

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра техногенної безпеки та
тепломасообмінних процесів*

E-mail: knutdromanuk@gmail.com

*Київський національний університет
технологій та дизайну
вул. Немировича-Данченка, 2,
м. Київ, Україна, 01011

1. Вступ

Шкіряне і хутрове виробництва відзначаються багатостадійністю, складністю та екологічною небезпечністю хімічних перетворень сировини у готові матеріали. У зв'язку з цим на різних стадіях обробки білкової сировини знайшли застосування біологічно активні речовини, до яких належать ферментні препарати. Широке їх використання у технологіях переробки шкір тварин зумовлене сильною специфічною і каталітичною дією у різноманітних хімічних перетвореннях. Із відомих шести класів ферментів [1, 2], у шкіряному і хутровому виробництвах найчастіше застосовуються ферменти третього класу – гідролази, що включають підкласи естерази, глікозил-гідролази, пептидази, амідази, які суттєво прискорюють реакції розщеплення зв'язків (пептидні, амідні, естерні), у

яких карбоксильні групи належать основним амінокислотам лізину і аргініну біополімеру. Тому завдяки ферментній обробці шкіряної та хутрової сировини можна досягти різного ефекту, зокрема, знежирювання, зневолошування, підвищення еластичних властивостей напівфабрикату, однак актуальним залишається дослідження процесу м'якшення, тривалість дії якого визначає фізико-хімічні властивості матеріалу з натуральної сировини.

2. Постановка проблеми

Ферментні препарати специфічної дії можуть бути використані для ефективного впливу на міжволоконну речовину напівфабрикату з метою звільнення дерми шкір від неколагенових утворень. Тому вибір