

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра машин и аппаратов химических и пищевых производств

Е.В. Ганин, С.В. Антимонов, С.Ю. Соловых

РАЗРАБОТКА ОПЕРАТОРНЫХ СХЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ХИМИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ (ХТС) С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Оренбург
2018

УДК 664:66.02(076.5)

ББК 36.81я7+35.11я7

Г19

Рецензент – кандидат технических наук, доцент В.П. Попов

Ганин, Е.В.

Г19 Разработка операторных схем технологических и химико-технологических систем (ХТС) с применением элементов автоматизированного проектирования: методические указания/ Е.В. Ганин, С.В. Антимонов, С.Ю. Соловых; Оренбургский гос. ун-т.– Оренбург: ОГУ, 2018. – 17 с.

Методические указания предназначены для выполнения практических работ по дисциплинам «Системы автоматизированного проектирования в пищевом машиностроении» по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование и «Системы автоматизированного проектирования в химическом машиностроении», «Системы управления химико-технологическими процессами» по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии очной и заочной форм обучения.

УДК 664:66.02(076.5)

ББК 36.81я7+35.11я7

© Ганин Е.В.,
Антимонов С.В.,
Соловых С.Ю., 2018
© ОГУ, 2018

Содержание

1	Операторная модель как одна из разновидностей химико-технологической системы (ХТС)	4
1.1	Операторная схема пищевых производств	7
1.2	Операторная схема химических производств	8
1.3	Полные и сокращенные операторные схемы	12
1.4	Комбинированные схемы	12
2	Варианты для самостоятельного выполнения студентами	13
2.1	Элементарные задачи для выполнения студентами	13
2.2	Задача повышенной сложности	14
	Список использованных источников	15
	Приложение А Примеры схем	16

1 Операторная модель как одна из разновидностей химико-технологической системы (ХТС)

Любое химическое и пищевое производство представляет собой совокупность, большого числа взаимосвязанных технологических аппаратов, предназначенных для выполнения требуемого физико-химического преобразования исходного сырья.

Исследование и оптимизация не отдельных аппаратов, а всей совокупности аппаратов химического или пищевого производства или технологического цеха позволяют получить наибольший экономический эффект, так как оптимальные значения критерия функционирования всего производства не являются аддитивными функциями оптимальных значений критериев функционирования каждого аппарата.

Отдельные технологические цехи и производства представляют собой сложные технологические или химико-технологические системы.

Для предприятий химической, нефтегазовой промышленности характерно понятие химико-технологической системы:

Химико-технологическая система (ХТС) – это совокупность взаимосвязанных технологическими потоками и действующих как целое аппаратов, в которых осуществляется определенная последовательность технологических операций (подготовка сырья, собственно химическое превращение и выделение целевых продуктов). Как и любая сложная система, химическое предприятие состоит из числа взаимосвязанных элементов или частей целого. С точки зрения исследовательских задач понятие элемента системы весьма относительно.

Если в качестве сложной системы рассматривать химическое или пищевое производство, то его элементами можно считать отдельные стадии (операции) производства или технологические цеха. Если сложной системой является технологический цех или технологическая линия, то их элементами служат

отдельные аппараты и агрегаты.

Элемент ХТС – это аппарат, в котором протекает какой-либо типовой химико-технологический процесс. При исследовании ХТС внутренние свойства и структура элемента не являются предметом изучения, а анализируются только такие существенные свойства элемента, которые определяют его взаимодействие с другими элементами ХТС или влияют на свойства системы в целом.

Процесс функционирования ХТС рассматривают как последовательную систему состояний в некотором интервале времени. Состояние ХТС определяется набором выходных переменных системы. Выходными переменными ХТС являются физические параметры одних потоков сырья или исходных продуктов, а также параметры различных физико-химических воздействий окружающей среды на процесс функционирования ХТС (температура, давление, и т.п.).

Выходными и переменными ХТС служат физические параметры материальных и энергетических потоков химических продуктов на выходе ХТС.

Эти параметры подразделяют на параметры состояния (массовый расход, концентрации химических компонентов, давление, температура, энтальпия и т. д.) и параметры свойств потоков (теплоемкость, вязкость, и плотность и т. д.). Состояние системы зависит от параметров ХТС, параметров технологического режима элементов и от воздействия на ХТС входных материальных и энергетических потоков сырья или исходных продуктов.

Параметры ХТС и параметры технологического режима элементов обуславливают характер процесса функционирования системы, т.е. некоторый закон изменения состояний системы.

Одним из таких графических изображений ХТС является изображение ее в виде *операторной схемы*:

Операторная схема предназначена для того, чтобы наглядно представить физико-химическую сущность всех технологических процессов, которые происходят в проектируемой технологической системе.

Сущность любого физико-химического процесса воспроизводится определенным технологическим оператором – условным графическим

изображением этого процесса, который означает изменение соответствующего параметра технологического потока.

В связи с этим возникает потребность в использовании различных графических редакторов, которые позволяют выполнять необходимые схемы в кратчайшие сроки и с минимальными затратами, как с точки зрения материальных и людских ресурсов.

Это базируется на использовании компьютера как *электронного кульмана*, позволяющего значительно ускорить процесс проектирования и улучшить качество оформления КД.

Центральное место в этом подходе к проектированию занимает *чертеж*, который служит средством представления схемы, содержащей информацию для решения различных технологических задач.

При таком подходе получение графического изображения за компьютером будет рациональным и достаточно эффективным, если созданное графическое изображение использовать многократно.

При таком подходе (традиционный процесс конструирования) обмен информацией осуществляется на основе конструкторской, нормативно-справочной и технологической документации; при втором – на основе внутримашинного представления геометрического объекта, общей базы данных общепринятых условных обозначений, что способствует эффективному функционированию программного обеспечения САПР конкретной технологической и операторной схемы.

Графически технологические системы изображаются в виде прямоугольника, ограничивающего систему, которая содержит два или более прямоугольника, которые, в свою очередь, ограничивают подсистемы. Подсистема содержит два или более операторов, которые отражают понятие технологических операций, границы которых в большинстве случаев совпадают с границами машин и аппаратов. Оператор, в свою очередь, содержит один, два и более типовых технологических процессов, которые отражают в общем случае содержание физико-химических и микробиологических процессов. Линии со стрелками – материальные потоки –

являются связями между операторами и подсистемами, а также между системой и внешней средой.

Необходимо напомнить, что основой на которой базируется полная операторная схема того или иного технологического или химико-технологического процесса является – *технологическая (машинно-аппаратурная) схема*.

NB Важная информация! *Технологическая (машинно-аппаратурная) схема* – это графическое изображение элементов технологической системы стандартными условными общепринятыми обозначениями, которые соединены между собой технологическими потоками с указанием их направлений стрелками.

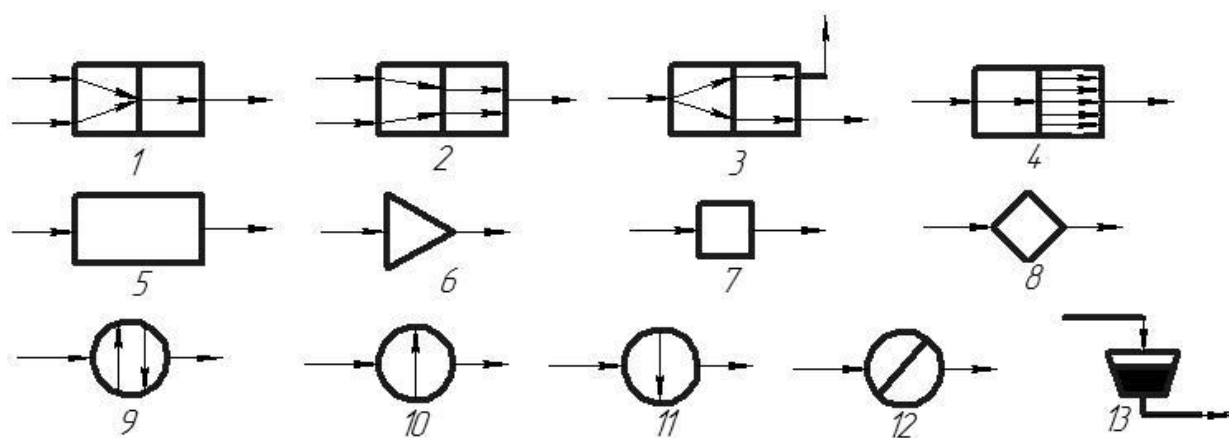
Изображение каждого элемента дает представление о его общей конструкции или принципе действия, а вход или выход технологического потока, отмечается в точке, которая реально отвечает действующей машине или аппарату. Для наглядности основные элементы (машины и аппараты) часто изображают с соблюдением масштаба.

Технологическая схема дает информацию о функционировании всей системы как производственного процесса. Вместе с тем, она содержит данные об основном и вспомогательном оборудовании, которые используются в данном производстве. Характеристика аппаратов может приводиться частично на технологической схеме, а частично – в спецификации, которая является обязательным приложением к графическому изображению.

1.1 Операторная схема пищевых производств

В пищевых производствах различают 13 основных технологических операторов. С помощью этих условных обозначений типовых процессов можно графически изобразить любую технологическую операцию.

Примеры операторов показаны на рисунке 1.



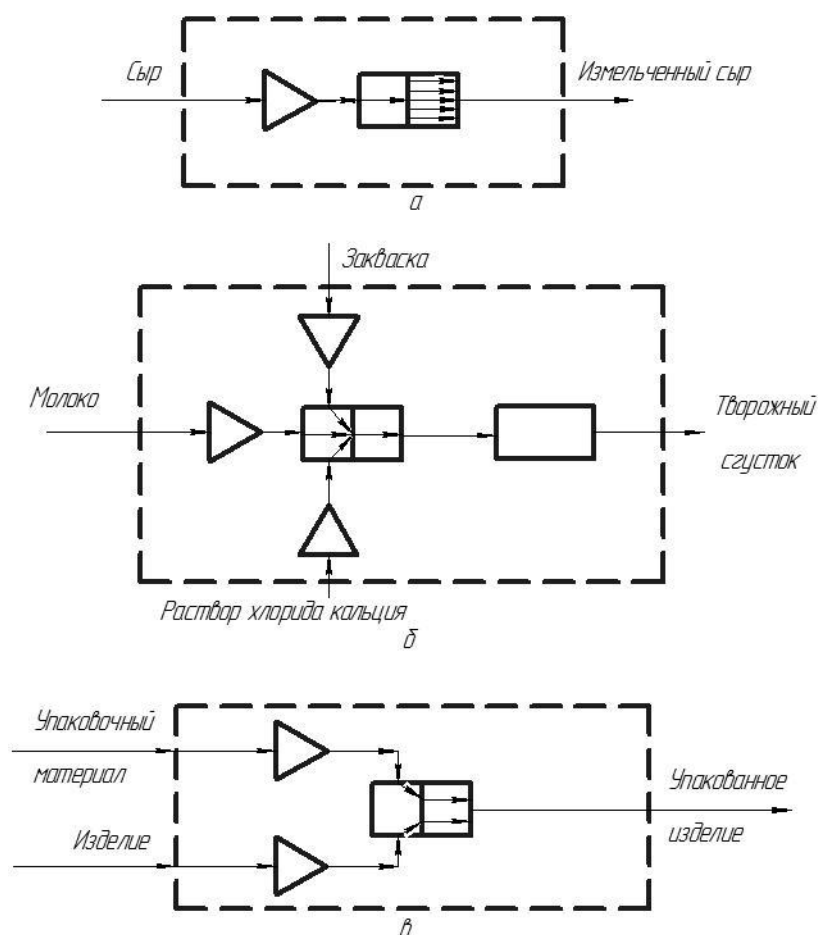
1 – соединение без сохранения поверхности раздела (смешивание сред); 2 – соединение с сохранением поверхности раздела (образование слоя); 3 – разделение на фракции; 4 – измельчение; 5 – сложный процесс преобразования (комплекс физических, химических и биохимических процессов); 6 – дозирование; 7 – формообразование; 8 – ориентирование (в частности, предметов); 9 – термостатирование (поддержание постоянной температуры); 10 – нагревание; 11 – охлаждение; 12 – изменение агрегатного состояния; 13 – хранение.

Рисунок 1 – Условные обозначения типовых технологических операторов пищевых производств

Разрабатывая системы процессов в виде так называемых операторных моделей, достаточно показать лишь материальные потоки, которые связывают между собой типовые процессы, отдельные операции и подсистемы. При изображении операций типовые процессы соединяются стрелками – связями (рисунок 2).

1.2 Операторная схема химических производств

Типовые технологические операторы химических производств обычно делят на основные технологические операторы и вспомогательные технологические операторы.

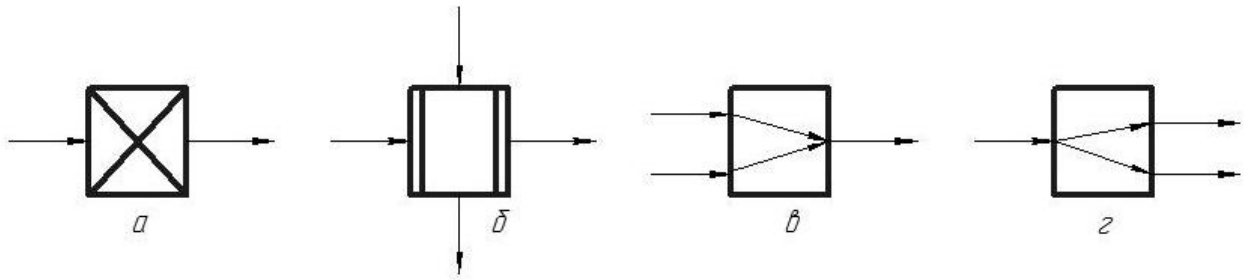


а – измельчение сыра при производстве плавленых сыров; *б* – получение творожного сгустка из трех компонентов; *в* – упаковка.

Рисунок 2 – Примеры условных обозначений технологических операций

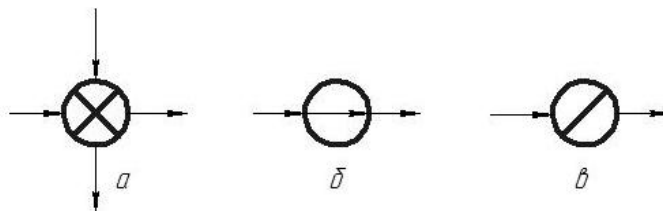
К основным относятся технологические операторы химического превращения (рисунок 3 а), межфазного массообмена (рисунок 3 б), смешения (рисунок 3 в) и разделения (рисунок 3 г). Основные технологические операторы обеспечивают функционирование ХТС в требуемом целевом направлении.

Кроме основных типовых технологических операторов, для повышения эффективности функционирования системы в ХТС используют вспомогательные типовые технологические операторы, изменяющие энергетическое и фазовое состояния технологических потоков. К ним относятся операторы нагрева или охлаждения (рисунок 4 а), сжатия или расширения (рисунок 4 б) и изменения агрегатного (фазового) состояния вещества (рисунок 4 в). Типовой технологический оператор изменения агрегатного состояния вещества соответствует физическим явлениям конденсации, испарения, растворения и т. п.



а – химического превращения; б – межфазного массообмена; в – смешения; г – разделения.

Рисунок 3 – Основные технологические операторы химических производств



а – нагрева или охлаждения; б – сжатия или расширения; в – изменения агрегатного (фазового) состояния вещества.

Рисунок 4 – Вспомогательные технологические операторы химических производств

Различия между основными и вспомогательными операторами заключаются в том, что основные технологические операторы обеспечивают функционирование химико-технологической системы в требуемом целевом направлении, а вспомогательные – повышают эффективность функционирования системы путем изменения ее энергетического и фазового состояний.

Для химических производств различают 11 типовых технологических операторов, с использованием которых возможно представить химико-технологическую систему любой сложности. В таблице 1 представлены условные обозначения типовых технологических операторов химических производств

Каждый технологический оператор рассматривают либо как совокупность нескольких типовых операторов, либо как один типовой технологический оператор.

Таблица 1 – Условные обозначения типовых технологических операторов химических производств

Основные технологические операторы		Вспомогательные технологические операторы	
	– химическое превращение		нагревание и охлаждение (теплообмен)
	– смешения		– нагревание
	– межфазный массообмен		– охлаждение
	– механическое разделение		– сжатия
	– селективное (диффузионное) разделение		– расширения
			– изменения агрегатного состояния вещества

Так, адиабатический реактор, в котором происходит экзотермическая реакция между реагентами, содержащимися в двух входных технологических потоках, как технологических операторов представляет собой совокупность трех типовых технологических операторов: смешения, химического превращения и нагрева. Конденсатор в качестве ТО можно рассматривать для потока пара как типовые ТО охлаждения и изменения агрегатного состояния, а для потока жидкости как типовой ТО нагрева.

Подогреватель, в котором происходит химическая реакция разложения компонентов входного потока, представляет собой совокупность двух типовых технологических операторов – нагрева и химического превращения. Холодильник полагают технологическим оператором охлаждения, а парорезекторную холодильную установку можно отобразить в виде совокупности типовых технологических операторов – расширения (создание вакуума) и охлаждения (снижение температуры кипения жидкости).

Ректификационную колонну можно представить либо как технологический оператор селективного, в частности диффузионного разделения смеси, либо как совокупность технологических операторов межфазного массообмена.

1.3 Полные и сокращенные операторные схемы

Различают полные и сокращенные операторные схемы.

Сокращенная операторная схема дает четкое представление о типе элемента (смеситель, теплообменник, сепаратор и т.п.), который используется в технологической схеме, и является основанием для разработки полной операторной схемы.

Полные операторные схемы предусматривают изображение элемента технологической схемы системой технологических операторов, которые отображают физико-химические процессы, которые происходят в данном элементе. При этом допускается разбивать элементы систем на более детальные подсистемы.

1.4 Комбинированные схемы

NB! При разработке схемы пищевого или химического, нефтегазового производства бывает недостаточно условных обозначений, характеризующих тот или иной технологический процесс. Это связано с тем, что как на пищевых, так и на химических предприятиях осуществляются как физико-химические, так и чисто механические превращения сырья. С этой целью авторами было предложено комбинированное использование операторов как из пищевой, так и из химической промышленности, что позволило более полно отразить суть операторной схемы и учесть все нюансы, которые возникают при её разработке.

2 Варианты для самостоятельного выполнения студентами

2.1 Элементарные задачи для выполнения студентами

Задание 1. С помощью принятых условных графических операторов изобразить механический процесс:

Вариант 1: хранения

Вариант 2: смешивания

Вариант 3: разделения

Вариант 4: дозирования

Задание 2. С помощью принятых условных графических операторов изобразить химический процесс:

Вариант 1: нагревания

Вариант 2: охлаждения

Вариант 3: разделения

Вариант 4: сжатия или расширения

Задание 3. С помощью принятых условных графических операторов изобразить процесс в предложенном аппарате:

Вариант 1: подогреватель

Вариант 2: сепаратор

Вариант 3: ректификационная колонна

Вариант 4: теплообменник

Задание 4. С помощью принятых условных обозначений графически изобразить следующий химический аппарат или устройство:

Вариант 1: ректификационная колонна

Вариант 2: трубчатая печь

Вариант 3: сепаратор

Вариант 4: измельчитель

2.2 Задача повышенной сложности

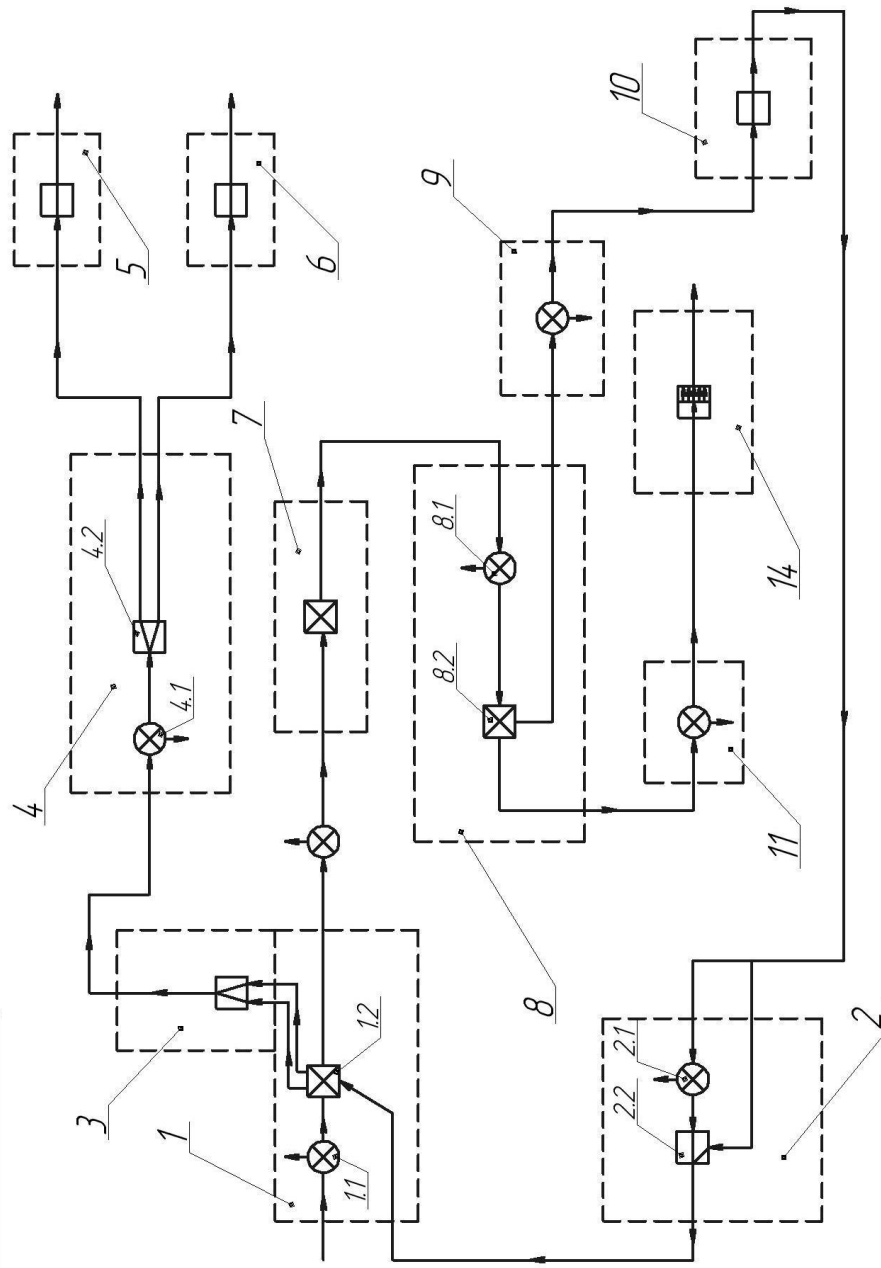
На основании предложенной машинно-аппаратурной схемы пищевого производства или предприятия химического машиностроения составить и начертить его операторную модель.

Список использованных источников

1. Панфилов, В.А. Технологические линии пищевых производств (теория технологического потока) / В.А. Панфилов. – М.: Колос, 1993. – 288 с.
2. Машины и аппараты пищевых производств: учебник для вузов: в 3 кн. Кн.1 / С.Т. Антипов [и др.]: под ред. акад. РАСХН В.Н. Панфилова, проф. В.Я. Груданова. – Минск: БГАТУ, 2007. – 420 с.
3. Машины и аппараты пищевых производств: учебник для вузов: в 3 кн. Кн.3 / С.Т. Антипов [и др.]: под ред. акад. РАСХН В.Н. Панфилова, проф. В.Я. Груданова. – Минск: БГАТУ, 2008. – 579 с.
4. Кафаров, В.В. Принцип математического моделирования химико-технологических систем / В.В. Кафаров, В.Л. Перов, В.П. Мешалкин – М., Химия, 1974. – 344 с.
5. Подчукаев, В.А. Теория автоматического управления (аналитические методы): учебник для вузов / В.А. Подчукаев. – Москва : Физматлит, 2005. - 198 с. – ISBN 978-5-9221-0445-6 ; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76606>

ОГЧ 18.03.02.4.018.058

Лист № подл.	Лист и дата	Взам. инв. №	Инв. № докл.	Лист и дата	Спроб. №	Перв. примен.
--------------	-------------	--------------	--------------	-------------	----------	---------------



Химическое преобразование	Нагревание	Охлаждение	Разделение	Дробление	Смешивание

ОГЧ 18.03.02.4.018.058		Лист	Масса	Масштаб
Операторная СХЕМА		4		1:1
		Лист	Листов	1
		15ЭРПб/МАХП		
		Формат А3		
		Копировал		
Изм. №	№ докум.	Подп.	Дата	
Разработ.	Скляров П.В.			
Проб.	Гоним Е.В.			
Т.контр.				
Н.контр.				
Удоб.				