

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

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

# РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И СТРУКТУРНЫХ 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

А 62

Рецензент – доктор технических наук, доцент П.В. Медведев

**Антимонов, С.В.**

А 62 Разработка функциональных и структурных схем технологических и химико-технологических систем (ХТС) с применением элементов автоматизированного проектирования: методические указания/ С.В. Антимонов, С.Ю. Соловых, Е.В. Ганин; Оренбургский гос. ун-т.– Оренбург: ОГУ, 2018. – 14 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

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

## Содержание

Введение .....	4
1 Функциональное проектирование .....	5
1.1 Функциональная схема проектируемого устройства.....	5
1.2 Функциональная схема химико-технологической системы.....	5
2 Структурное проектирование .....	6
2.1 Структурная схема проектируемого устройства .....	6
2.2 Структурная схема химико-технологических систем .....	8
3 Варианты для самостоятельного выполнения студентами.....	9
3.1 Элементарные задачи для выполнения студентами .....	9
3.2 Задачи повышенной сложности.....	10
Список использованных источников .....	11
Приложение А Условные обозначения элементов кинематики машин в структурных схемах .....	12
Приложение Б Примеры схем.....	13

## Введение

Для всестороннего проведения анализа существующего и проектирования нового объекта недостаточна только разработка и описание машинно-аппаратурной схемы и операторной модели. В качестве анализируемых объектов могут выступать устройство, аппарат, технологическая машина или технологическая схема. Для их исследования необходима также разработка функциональной и структурной схемы. Реализация этого при текущих условиях развития науки и техники возможна с помощью САПР в наиболее продвинутых графических средах.

Остановимся более подробно на функциональном и структурном проектировании.

Авторы подошли к функциональному и структурному проектированию исходя из позиций изучения проектируемого объекта, как неотъемлемой части элемента технологической (машинно-аппаратурной) схемы.

# **1 Функциональное проектирование**

## **1.1 Функциональная схема проектируемого устройства**

Функциональная схема является расширенной версией структурной схемы и позволяет получить более конкретную информацию о взаимодействии механизмов в машине, устанавливает основные параметры передающих звеньев. На функциональной схеме изображают части оборудования, участвующие в процессе, описываемым схемой, и связи между этими частями. Функциональные схемы изображают простыми геометрическими фигурами.

Для передачи более полной информации о функциональной части внутри геометрических фигур помещают соответствующие обозначение или надпись.

На функциональной схеме должны быть указаны наименования всех изображенных функциональных частей. Для наиболее наглядного представления процессов, иллюстрируемых функциональной схемой, обозначения функциональных частей располагают в последовательности их функциональной связи [4].

Если это не нарушает наглядности представления процессов, допускается учитывать действительное расположение функциональных частей.

## **1.2 Функциональная схема химико-технологической системы**

Функциональное проектирование представляет наиболее общий подход к описанию систем. Определяются граничные условия и желательные входы и выходы, составляется подробный перечень функций или операций, которые должны выполняться. Метод в упрощенном виде сводится к составлению блок-схемы системы.

Функциональная схема химико-технологической системы (ХТС) показывает технологические связи между основными подсистемами данного

производства, каждая из которых выполняет какую-либо из основных технологических операций (подготовка сырья, собственно химическое превращение, выделение целевых продуктов).

Функциональная схема дает обобщенное представление о процессе функционирования ХТС в целом и не содержит информации о типах отдельных элементов системы.

На рисунке 1 в качестве примера представлена функциональная схема производства аммиака.

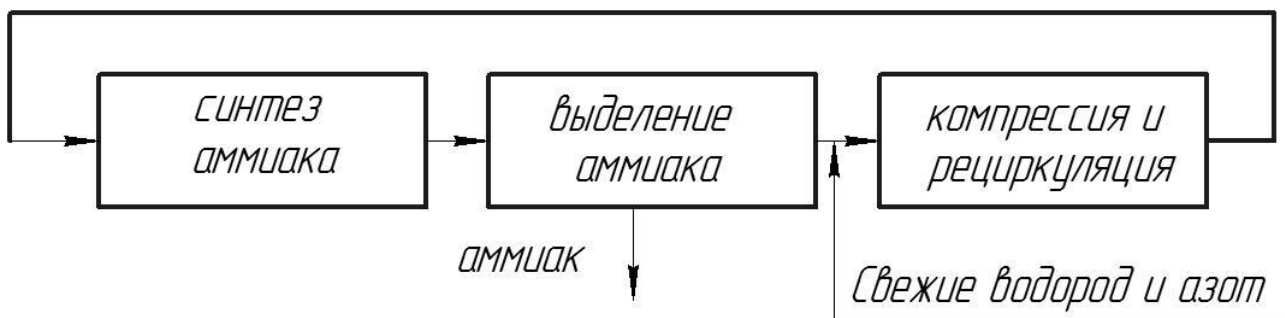


Рисунок 1 – Функциональная схема ХТС производства аммиака

## 2 Структурное проектирование

Выделяют два вида структурных схем. В первом случае в качестве объекта проектирования выступает машина или аппарат. Во втором случае объектом служит технологическая схема ХТС.

### 2.1 Структурная схема проектируемого устройства

Из большого количества этапов проектирования машины-автомата одним из первых является процесс составления структурной схемы.

*Структурной схемой* называется графическое изображение основных функциональных частей машины, определяющих их назначение и взаимосвязи.

Опираясь на структурную схему, определяют основные размеры машины, выполняют первое компоновочное решение и предварительную кинематическую схему.

Для составления структурной схемы машины используют рекомендуемые условные обозначения, представленные в приложении А. Условные обозначения для получения структурной схемы начинают наносить от двигателя в последовательности присоединения отдельных передач и механизмов.

На структурной схеме показывают мощность двигателя, скорости вращения валов машин и двигателя (частоты их вращения), передаточные числа промежуточных передач, порядковые номера валов, названия исполнительных механизмов, а также названия рабочих органов, укрепленных непосредственно на валах [2].

Структурная схема машины показывает распределение энергии от двигателя к механизмам и рабочим органам машины и может применяться для определения общего КПД машины. Это возможно, благодаря наглядности отображения параллельности или последовательности присоединения частей машины. Кроме того, структурная схема позволяет предварительно оценить потери при передаче энергии от двигателя к исполнительному механизму.

В качестве примера рассмотрим структурную схему автомата марки М1-ОЛК/1 (рисунок 2).

Схема включает электрические двигатели (мощностью по 1,1 кВт с частотой оборотов 1000 об/мин), систему механических передач (ременную и червячный редуктор) от двигателей к распределительно-управляющим валам машины, к валам рабочих органов и промежуточным валам машины, исполнительный механизм поршня дозирующего устройства, исполнительный механизм протягивающего устройства, исполнительный механизм клещеобразного захвата, систему привода рольганга. Валы на представленной схеме обозначены римскими цифрами. Передаточные отношения обозначены символом  $i$  и числовым значением. Особенностью данной схемы является

наличие двойной независимой системы привода рабочих органов. Первая обеспечивает привод нагнетающего шнека, вторая – работу поршня дозатора и остальных механизмов машины.

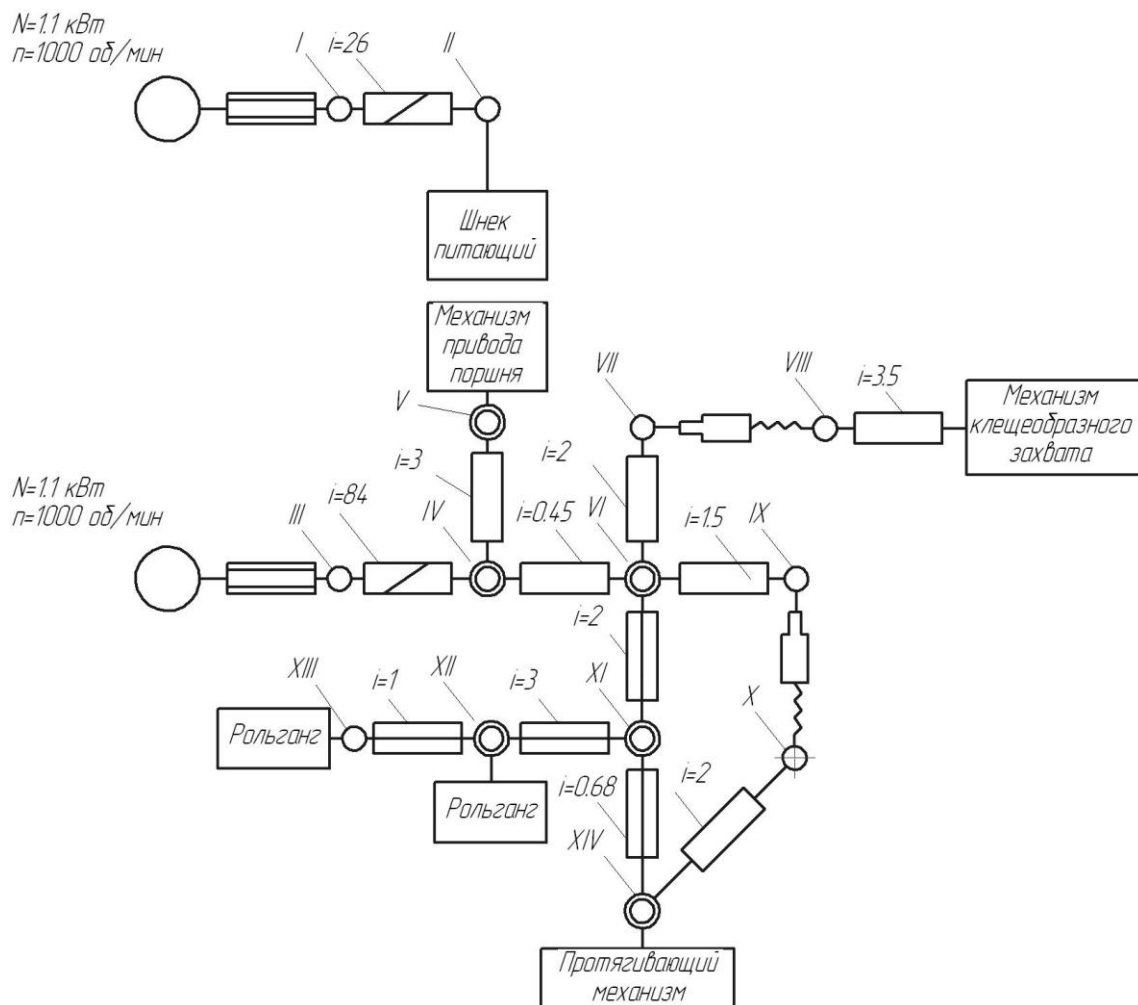


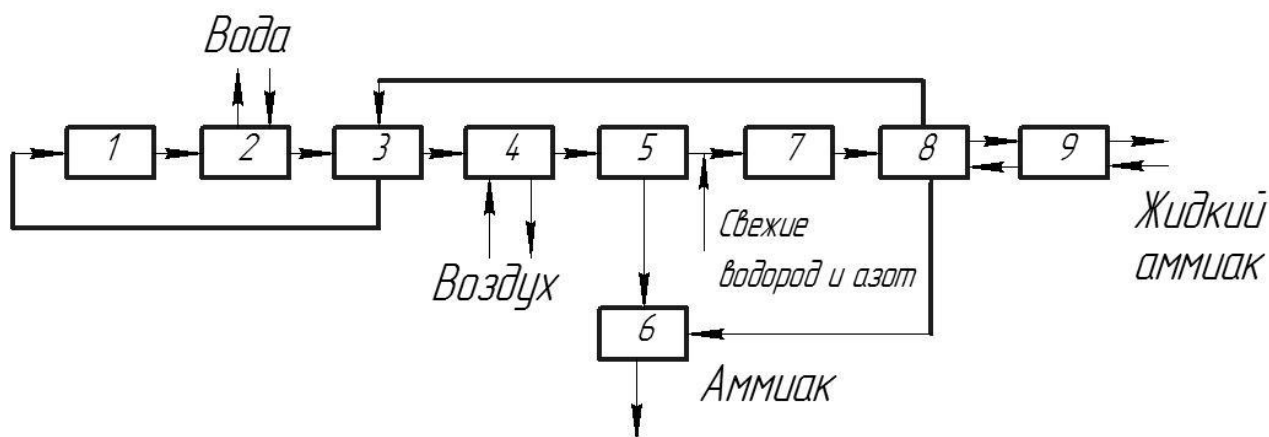
Рисунок 2 – Структурная схема автомата марки М1-ОЛК/1 (упрощенная)

## 2.2 Структурная схема химико-технологических систем

Структурная схема химико-технологических систем – это такое наглядное графическое изображение, которое включает все элементы химико-технологических систем в виде блоков, имеющих несколько входов и выходов, и технологические связи между ними, указывающие направления движения материальных и энергетических технологических потоков системы.



Структурная схема химико-технологической системы синтеза аммиака изображена на рисунке 3.



1 – колонна (реактор) синтеза  $\text{NH}_3$ ; 2 – водяной холодильник; 3 – теплообменник; 4 – воздушный холодильник; 5 – сепаратор; 6 – сборник аммиака; 7 – циркуляционный компрессор; 8 – конденсационная колонна; 9 – испаритель.

Рисунок 3 – Структурная схема химико-технологической системы синтеза аммиака

### 3 Варианты для самостоятельного выполнения студентами

#### 3.1 Элементарные задачи для выполнения студентами

1. Изобразите взаимодействие электродвигателя с исполнительным механизмом через фрикционную муфту на структурной схеме.
2. Изобразите взаимодействие электродвигателя с исполнительным механизмом через ременную передачу на структурной схеме.
3. Изобразите взаимодействие электродвигателя с исполнительным механизмом через червячную передачу на структурной схеме.
4. Изобразите взаимодействие электродвигателя с исполнительным механизмом через цилиндрическую зубчатую передачу на структурной схеме.

5. Изобразите взаимодействие электродвигателя с исполнительным механизмом через коническую зубчатую передачу на структурной схеме.

6. Изобразите взаимодействие электродвигателя с исполнительным механизмом через цилиндрическую зубчатую передачу на структурной схеме.

### **3.2 Задачи повышенной сложности**

**Задача 1.** На основании предложенной машинно-аппаратурной схемы предприятия пищевой промышленности составить и начертить его структурную схему.

**Задача 2.** На основании предложенной машинно-аппаратурной схемы предприятия пищевой промышленности составить и начертить его функциональную схему.

**Задача 3.** На основании предложенной машинно-аппаратурной схемы предприятия химического машиностроения составить и начертить его структурную схему.

**Задача 4.** На основании предложенной машинно-аппаратурной схемы предприятия химического машиностроения составить и начертить его функциональную схему.

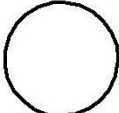
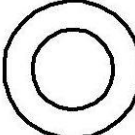


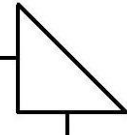

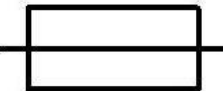
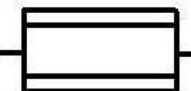
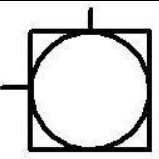
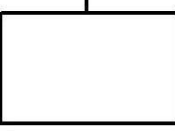
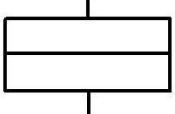
## Список использованных источников

1. Панфилов, В.А. Технологические линии пищевых производств (теория технологического потока)/В.А. Панфилов. – М.: Колос, 1993. – 288 с.
2. Харламов, С.В. Конструирование технологических машин пищевых производств : учебное пособие для вузов / С.В. Харламов – Л: Машиностроение, 1991. – 224 с.
3. Кафаров, В.В. Принцип математического моделирования химико-технологических систем / В.В. Кафаров, В.Л. Перов, В.П. Мешалкин – М., Химия, 1974. – 344 с.
4. ГОСТ 2.703-2011\*. ЕСКД. Правила выполнения кинематических схем – Введ. 2012–01–01. – М. : Стандартиформ, 2012. – 9 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>
6. ГОСТ 2.701-2008\*. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению – Введ. 2009–07–01. – М. : Стандартиформ, 2009. – 13 с.
7. Оборудование технологическое для молочной промышленности. Отраслевой каталог /Часть VI. Оборудование для производства творога, сыра, белковых продуктов, молочного сахара и заменителей цельного молока. Раздел 1. Оборудование для производства творога. Участок марки М1-ОЛК для фасовки творога в блоки в полиэтиленовую пленку. – Министерство машиностроения для легкой и пищевой промышленности и бытовых приборов. Всесоюзный научно-исследовательский и экспериментально-конструкторский институт продовольственного машиностроения / ВНИЭКИпродмаш. Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований (ЦНИИТЭИлегпищемаш), Москва, 1984.

## Приложение А

(справочное)

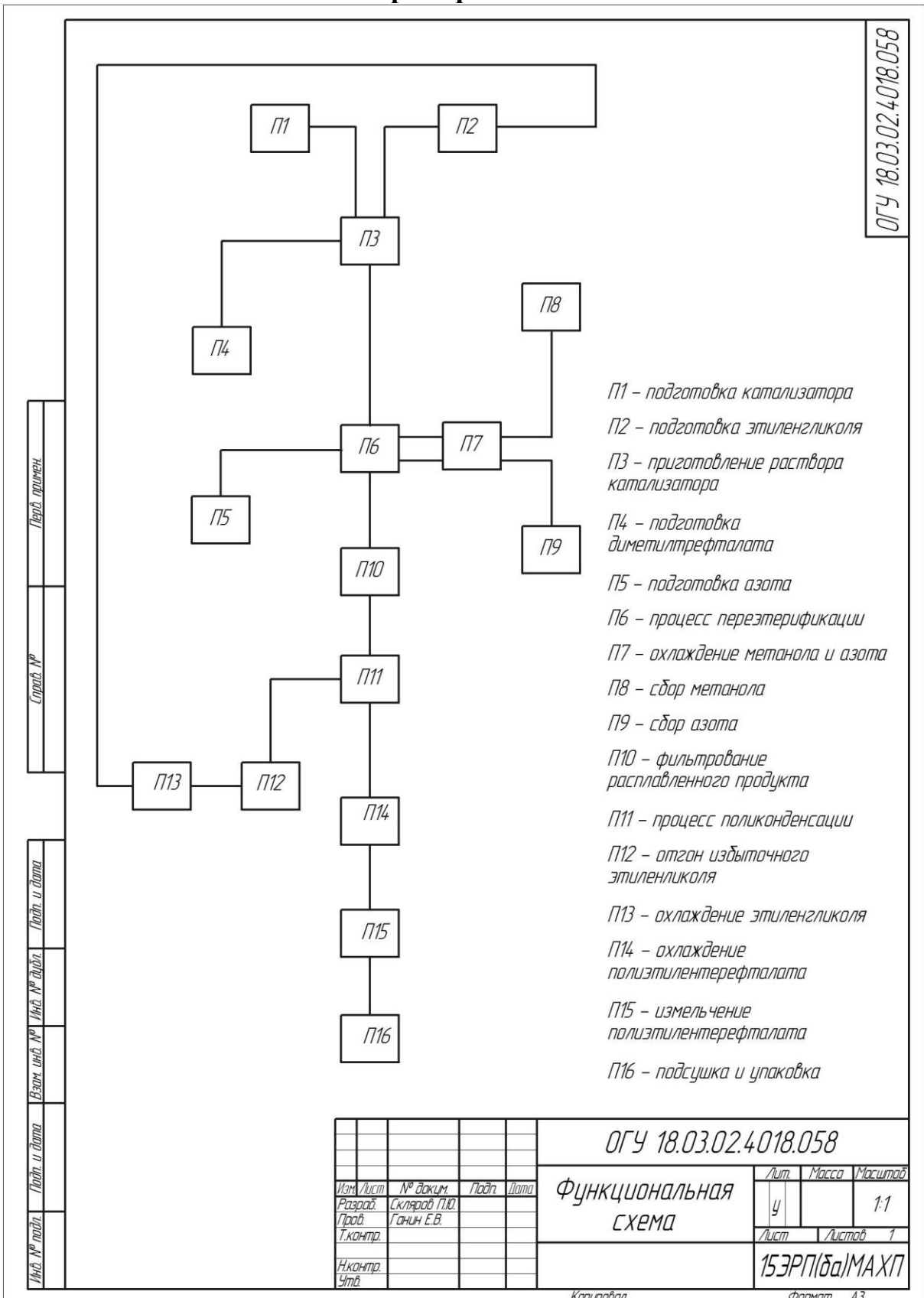
Таблица А.1 – Условные обозначения элементов кинематики машин в структурных схемах

Условное изображение	Название кинематического элемента
	Электродвигатель
	Распределительный вал
	Промежуточный вал
	Цилиндрическая зубчатая передача
	Коническая зубчатая передача
	Червячная передача
	Цепная передача
	Ременная передача
	Вариатор
	Исполнительный механизм
	Фрикционная муфта

# Приложение Б

(справочное)

## Примеры схем



ОГЧ 18.03.02.4018.058

Лист примен.

Стор №

Лист и дата

Инд. № дюз.

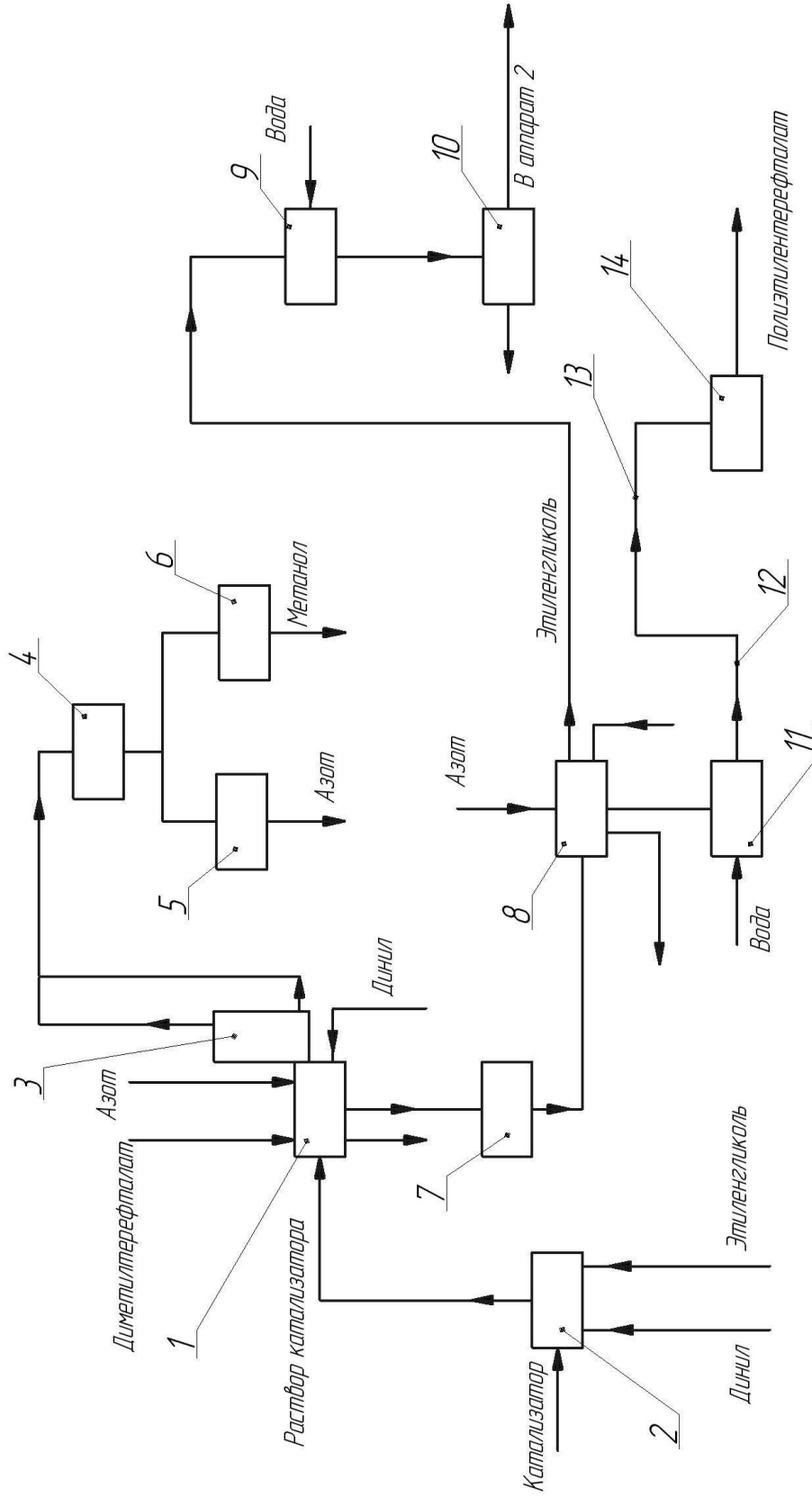
Инд. инв. №

Взам. инв. №

Лист и дата

Лист и дата

Инд. № подл.



- 1 - реактор перестерификации
- 2 - аппарат для растворения катализатора
- 3 - насадочная колонка
- 4, 9 - холодильники кожухотрубчатые
- 5 - приемник этиленгликоля
- 6 - приемник метанола

- 7 - фильтр сетчатый
- 8 - реактор поликонденсации
- 10 - вакуум-приемник этиленгликоля
- 11 - охлаждающие барабаны
- 12 - направляющие валки
- 13 - тянущие валки
- 14 - рудильный станок

ОГЧ 18.03.02.4018.058

Структурная  
схема

Изд. лист	№ докум.	Лист	Лист
Разраб.	Скляров П.Ю.	1	1
Проб.	Гоним Е.В.		
Т.контр.			
И.контр.			
Утв.			
Масса	Масштаб		
1	1:1		
15ЭРП/Ба/МАХП			

Копировал

Формат А3