

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Ивановский государственный химико-технологический университет

## НАДЕЖНОСТЬ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Иваново 2007

УДК 338.45.66

Афанасьева Т.А. Надежность химико-технологических производств /  
Афанасьева Т.А., Блиничев В.Н.;

Иван. гос. хим.-технол. ун-т: монография – Иваново, 2007. – 199с.

Рассмотрены основные проблемы надежности химико-технологических производств. Значительное внимание уделено представлению надежности производства, как комплексной системы, состоящей из трех базовых блоков: надежность химико-технологических процессов (ХТП), химико-технологического оборудования (ХТО), управления производством (организация, планирование, учет, контроль). Приведены методы расчета, прогнозирования, диагностики, идентификации надежности производства и его составляющих. Даны сведения по ГОСТам надежности в технике. Разработана классификация показателей надежности технологических процессов. Предложена методика повышения надежности конструкций ХТО, математические модели ХТП и ХТО.

Монография предназначена для специалистов в области химических производств, производства строительных материалов, пищевых продуктов, текстильной и других отраслях промышленности, а также для студентов химико-технологических вузов.

Рецензенты:

кафедра «Расчет и конструирование химических машин и аппаратов»  
МГУ ИЭ (МИХМ).

А.Н. Чохонелидзе, профессор, заведующий кафедрой МАХП Тверского  
Государственного Технического университета.

ISBN 5-9616-0214-1

© Ивановский государственный  
химико-технологический  
университет, 2007

## Введение

В этой книге будет рассмотрена одна из актуальных проблем техники, технических систем – надежность. Проблемой надежности систем, отдельных ее элементов занимаются многие специалисты, ученые нашей и других стран. Ей посвящено много книг, статей, разработаны государственные стандарты. В то же время вопросам надежности химико-технологических производств, уделено не столь значительное внимание, а проблемы надежности химико-технологических процессов, зависящие от многих факторов, освещаются довольно редко [17, 19, 101, 103].

Цель книги – осветить круг проблем и вопросов современной теории надежности химико-технологических производств, показать общие подходы и методы решения задач, стоящих перед промышленными производствами, для повышения стабильности и эффективности их работы.

Любое химико-технологическое производство представляет собой сложную, иерархическую систему, которую с точки зрения его надежности удобно рассматривать как систему протекающих последовательных и последовательно-параллельных процессов, начиная от процессов дозирования исходных компонентов и заканчивая процессами затаривания готового продукта в упаковки и отгрузки его потребителю (рис.1).

Надежность химико-технологического производства зависит от надежности протекания вышеперечисленных процессов. Надежность реализации любого процесса зависит в свою очередь от надежности работы оборудования, в котором он осуществляется, а также от надежности управления данным процессом. Надежность работы каждой единицы оборудования, в свою очередь, зависит от надежности его эксплуатации, от качества или надежности его изготовления на машиностроительных заводах, а также от качества или надежности проектирования техники для реализации конкретного процесса (см. блок I, рис.1).

Из рис.1 наглядно видно, что надежность химико-технологического производства любого продукта зависит от надежности осуществления основных его технологических процессов.

Надежность реализации процессов, кроме надежности работы оборудования, в котором они протекают, очень сильно зависит от надежности управления ими, от поддержания в оптимальных режимах определяющих параметров процессов, особенно в тех случаях, когда диапазон устойчивого осуществления процесса достаточно узок и не может быть реализован методами ручного регулирования.

В этой связи мы видим, что надежность основных химико-технологических процессов является основой надежности химико-технологического производства:

$$J_{np-ва} = J_1 J_2 J_3 J_n, \quad (1)$$

где  $J_{пр-ва}$  – надежность производства;  $J_1$  – надежность химико-технологического процесса,  $J_2$  – надежность химико-технологического оборудования,  $J_3$  – надежность управления.

В данной монографии делается упор на рассмотрение надежности химико-технологических процессов, как основы надежности химико-технологического производства.

На основе социально-экономического развития России предстоит выйти на новые рубежи, что означает подъем народного хозяйства на принципиально новый научно-технический и организационно-экономический уровень, перевод его на рельсы интенсивного развития. Для ускоренного развития страны нужны сдвиги в технологическом содержании научно-технического прогресса. Одним из важнейших вопросов этой проблемы является обеспечение и управление качеством и надежностью промышленных производств. Понятие «обеспечение и управление надежностью» формулируется как целенаправленное воздействие на процессы формирования надежности, на отдельные его этапы, контроль и регулирование хода данного процесса. При этом образуют единую систему обеспечения и управления начальным качеством и надежностью как свойством сохранять начальные показатели во времени.

В России действует государственная комплексная система управления качеством продукции (КС УКП), основной целью которой является обеспечение постоянных, высоких темпов эффективного улучшения качества всех видов выпускаемой продукции. В настоящее время отдельной системы по управлению надежностью нет и, поэтому имеется экономическая целесообразность создания комплексной системы управления и обеспечения надежности промышленного производства (КС УОНП). Такая система надежности, как системный подход, необходима для обеспечения надежности:

- технологии и оборудования на стадии проектирования;
- оборудования (или субъекта) в процессе изготовления;
- на стадии монтажа;
- на стадии эксплуатации, которая состоит из двух основных элементов (технологической надежности, устойчивости процессов и надежности оборудования в процессе эксплуатации).

КС УОНП должна быть подсистемой не только КС УКП, но и АСУП, поскольку речь идет не только о продукции, выпускаемой предприятием, но также и о надежности работы самого производства. КС УОНП должна представлять собой совокупность надежного функционирования всех производственных и служебных подразделений предприятия, а также разработку мероприятий, методов и средств, направленных на обеспечение необходимого уровня надежности технологического процесса и оборудования при их разработке, освоении (ХТП), изготовлении (ХТО) и эксплуатации.



Рис. 1. Иерархия построения химико-технологического производства

Книга состоит из пяти глав и трех приложений. В I главе излагаются основные положения системного подхода к проблеме надежности химико-технологических производств, разработки комплексной системы управления и обеспечения надежности производства. Во II главе приводятся, во-первых, основы управления надежностью производства, во-вторых, показаны основные принципы разработки математических моделей надежности оборудования и различных видов химико-технологических процессов.

III и IV главы книги раскрывают вопросы обеспечения надежности химико-технологических процессов и оборудования. В V главе освещается сущность комплексной системы управления и обеспечения надежности производства, вопросы прогнозирования и диагностики надежности химико-технологических производств.

Авторы надеются, что эта книга внесет свой вклад в попытку осветить и в какой-то степени решить некоторые из проблем надежности химико-технологических производств.

# Глава I

## Системный подход к проблеме надежности химико-технологического производства

### 1.1. Основы надежности химико-технологического производства

#### 1.1.1. Организация производства и его надежность

Новая экономическая стратегия ускорения развития страны обусловлена переходом к рыночным отношениям, особенности которого состоят в усложнении процесса совершенствования техники и технологии, в комплексном характере изменения взаимоотношений техники и людей, в реорганизации системы управления. Интенсивный тип экономики связан не только с всемерным развитием средств труда, но и с улучшением использования действующих основных фондов. Таким образом, экономический рост страны обеспечивается двумя группами факторов: 1-я группа – повышение качества продукции, надежности, технологического уровня производства, доведение его до уровня лучших мировых аналогов;

2-я группа – совершенствование организации труда и производства, повышение степени использования имеющегося оборудования, рост культуры и порядка, улучшение организации системы управления.

Для функционирования организации производства следует обеспечить соблюдение следующих принципов: целевая специализация, наличие программы (плана) функционирования, обеспечение целостности системы.

Надежность объекта может быть обеспечена также путем резервирования. Виды резервирования рассматриваются, например, в справочнике [1] под редакцией И.А.Ушакова, способы резервирования рекомендуются в соответствующих тем или иным объектам специализированных источниках. Довольно основательно излагается точка зрения на этот вопрос Зубовой А.Ф. [2, 3], где указывается, что вопросы резервирования следует решать не только при эксплуатации техники, но и при ее создании и конструировании. Резерв – это не только понятие «запас» чего-либо, но и средство повышения и обеспечения надежности, эффективный результат действия которого должен предусматриваться изначально в процессе прогнозирования и планирования химико-технологической системы (ХТС).

При решении задач резервирования необходимо более экономично, с наименьшими затратами обеспечить заданные показатели надежности. Обычно в задачах оптимального резервирования предполагается, что стоимость резерва в целом определяется:  $C(x_1, \dots, x_m) = \sum_{i=1}^m c_i(x_i)$ , где  $x_1 \dots x_m$  – составляющие (элементы, участки) химико-технологической системы в количестве от  $i$  до  $m$ . Стоимость резервного элемента  $c_i(x_i) = c_i x_i$  [72]. Оптимальное резервирование определяет задачи и организацию системы обеспечения технических объектов запасными

элементами, а также является составной частью ремонтных служб предприятий. А.Ф.Зубова [2] проводит технико-экономическое обоснование целесообразности резервирования для повышения и обеспечения надежности машин и аппаратов химических производств.

Надежность химико-технологического производства в первую очередь определяется прогрессивной технологией (рис.2). С утверждения технологического процесса начинается работа по организации любого промышленного производства (создание рабочих мест, подбор оборудования, его разработка, конструирование, набор кадров и т.д.)

Изначально, именно надежность технологического процесса создает надежность всей производственной системы. Структура химико-технологических процессов (рис.2) отражает не только многообразие

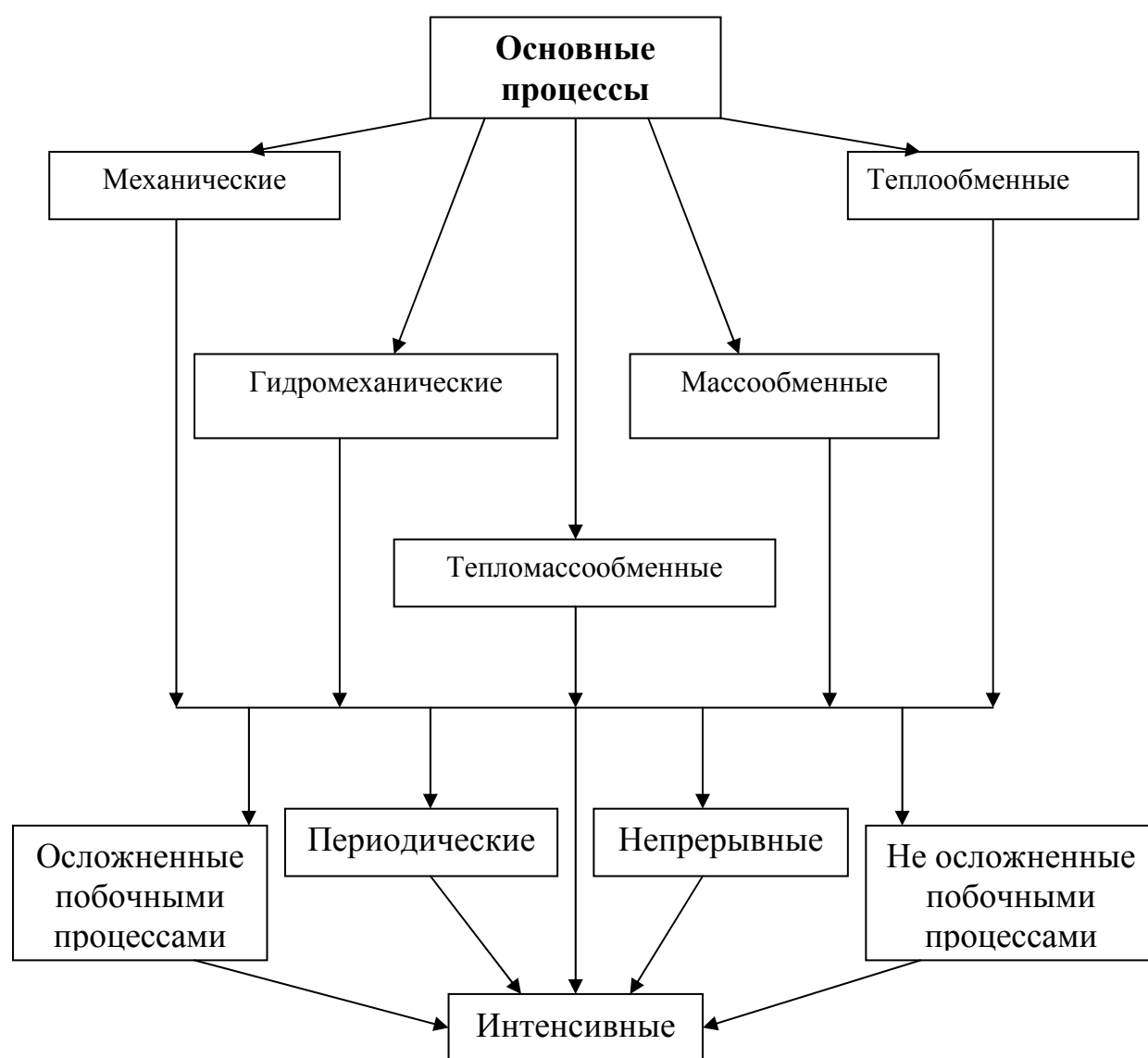


Рис.2. Структура химико-технологических производственных процессов



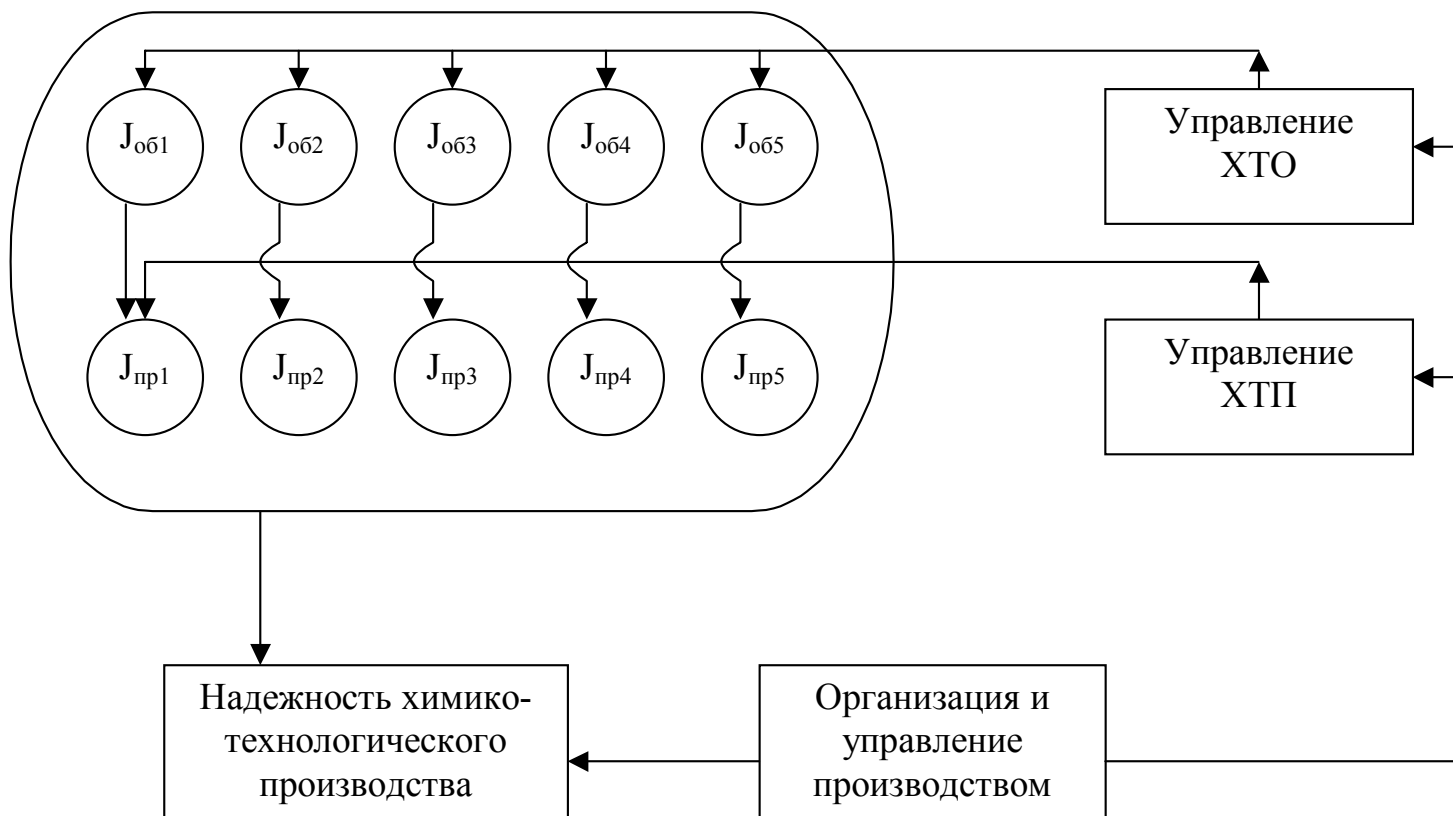


Рис.3. Принципиальная схема влияния надежности химико-технологических процессов на надежность химико-технологического производства:

$J_{обi}$  – надежность химико-технологического оборудования ( $ХТО_i$ );

$J_{прi}$  – надежность химико-технологического процесса ( $ХТП_i$ )

выполняемых на химпроизводствах процессов, но и всю значительную сложность этих процессов, их взаимосвязь и взаимовлияние.

Ученые, производственники, специалисты разделяют все основные процессы, применяемые в большинстве химических производств [5-7], на механические, гидромеханические, тепловые, массообменные и тепломассообменные. Такая классификация производится в зависимости от закономерностей, характеризующих протекание этих процессов, т.е. процессы подчиняются законам гидромеханики, тепло- и массо-передачи, химической кинетики, а также механики твердых тел (измельчение, смешение, классификация-разделение). Каждый химико-технологический процесс (ХТП) зависит от значительного количества факторов и причин, влияющих на ход данного процесса, оказывающих совместное, даже часто противоречивое действие. При исследовании и обеспечении надежности ХТП необходимо учитывать то, что они могут быть периодическими и непрерывными, при ведении одного (основного) процесса могут возникать, параллельно и одновременно протекать побочные (неосновные) процессы. Все это отражается на эффективности, устойчивости и надежности химико-технологического процесса, а, следовательно, на надежности химико-технологического производства.

Все отказы в работе ХТП можно классифицировать по причинам их возникновения: А – отказы, происходящие вследствие организационных причин на производстве; Б – отказы, возникающие из-за отклонения параметров процесса и технических характеристик оборудования от оптимальных; В – отказы, возникающие вследствие протекания нежелательных побочных процессов.

Надежность технологического процесса – это свойство обеспечивать изготовление продукции в заданном объеме, сохраняя во времени установленные требования к ее качеству и постоянными (оптимальными) параметры этого процесса. Понятие надежности технологического процесса отличается от понятия его точности и стабильности. Согласно ГОСТ 15895 – 77, под точностью понимается свойство технологического процесса обеспечивать соответствующие поля рассеивания значений показателя качества изготовления продукции заданному полю допуска и его расположению; стабильность – свойство технологического процесса сохранять показатели качества изготавливаемой продукции в заданных пределах в течение некоторого времени. Из двух этих определений следует, что эти два показателя характеризуют технологический процесс в некоторый фиксированный момент времени. Надежность же понятие динамическое, поэтому точность и стабильность следует рассматривать как составные части свойства надежности системы.

Под надежностью технологического процесса понимается устойчивый в допустимом интервале изменяемых основных показателей качества ход процесса в течение заданного времени с обеспечением основных его