

*О.Г. ТЮРИН, В.С. КАЛЬНИЦКИЙ,
Е.Ф. ЖЕГРОВ*

УПРАВЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ



Инфра-Инженерия

*Компания "Пластик Энттерпрайз"
Федеральный центр двойных технологий "Союз"*

**О.Г. Тюрин, В.С. Кальницкий,
Е.Ф. Жегров**

УПРАВЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Научное пособие

**Инфра-Инженерия
Москва
2011**

УДК 62-5:66.0
ББК 32.965-35
Т98

Тюрин О.Г., Кальницкий В.С., Жегров Е.Ф.

Т 98 Управление потенциально опасными технологиями. - Москва:
Инфра-Инженерия, 2011. - 288 с.

ISBN 978-5-9729-0038-1

В монографии приводится системный объектно-ориентированный анализ проблемы управления потенциально опасными технологическими процессами (ПОТП). На основе ее моделирования создана методология решения проблемы путем разработки методов и средств интеллектуализации как главного и эффективного инструментария для организации искусственного управления ПОТП.

На примере технологических процессов (ТП) переработки высокоэнергетических материалов (ВЭМ) в изделия показано, как на практике можно осуществить интеллектуализацию управления опасным ТП. С этой целью представлены содержание и механизм реализации процесса создания научно-технологических основ обеспечения управляемости ТП и в целом всей интеллектуальной базы в виде совокупности объектно-ориентированных математических и технологических моделей, алгоритмов и специализированных приборов и устройств для управления переработкой ВЭМ как в режимах нормального функционирования, так и в нестандартных ситуациях, с помощью современных программно-технических комплексов (ПТК).

Приведены результаты исследований статистики и динамики процессов, ситуационные модели обеспечения их безопасности и качества изделий. Разработанные прикладные алгоритмы представлены в виде конкретных структурных схем, позволяющих в реальном масштабе времени осуществлять с помощью ПТК не только регулирование отдельных параметров, но также оптимизацию технологических режимов и многоцелевое управление ТП переработки, обеспечивающее его безопасность, заданное качество изделий и максимальную производительность.

Главный акцент в книге сделан на ее практическое приложение как научное издание и пособие-путеводитель по сложным лабиринтам построения интеллектуального управления потенциально опасными технологиями, с целью показать, что и как необходимо сделать реально, чтобы действительно овладеть настоящим искусством эффективного управления сложным технологическим объектом.

Монография представляет интерес для специалистов, аспирантов и студентов, занимающихся вопросами управления, моделирования, алгоритмизации и автоматизации ПОТП; может быть использована также в качестве учебного пособия по соответствующим направлениям.

© Тюрин О.Г., Кальницкий В.С., Жегров Е.Ф., авторы, 2011
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2011

ISBN 978-5-9729-0038-1

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
Часть I. ПРИНЦИПЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ	14
Глава 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	14
Сущность и актуальность решения проблемы управления потенциально опасными процессами	14
Системный анализ и моделирование проблемы	20
Структурная модель интеллектуализации управления	26
Методологические вопросы математического моделирования и идентификации технологических объектов управления	36
Особенности алгоритмизации потенциально опасных процессов	48
Выводы по главе	51
Часть II. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ БАЗА ДЛЯ ОБЪЕКТИВИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕРАБОТКИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ	54
Глава 2. ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-ХИМИИ, ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ	54
Физико-химические и технологические аспекты	54
Физические и математические модели безопасности процесса формования и качества изделий из ВЭМ	66
Выводы по главе	83
Глава 3. НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕ- ЧЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ ТП ПЕРЕРАБОТКИ ВЭМ	84
Информативные технологические параметры и критерии безопасности и качества	88
Взаимосвязь критериев безопасности, качества и управляющих воздействий	98

Вопросы оптимизации с учётом особенностей ТП переработки	101
Концептуальная модель интеллектуального управления процессом переработки	107
Выводы по главе	113
ГЛАВА 4. СИТУАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И КАЧЕСТВА ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ТП В НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ ...	114
Экспериментальные исследования процесса формования изделий	114
Модель идентификации зон безопасности и качества	128
Ситуационные модели и алгоритмы прогнозирования, распознавания и устранения нештатных ситуаций по безопасности и качеству при формовании изделий	133
Выводы по главе	144
ГЛАВА 5. ДИНАМИЧЕСКИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТП ПЕРЕРАБОТКИ В РЕЖИМАХ ШТАТНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ	145
Математическая модель и технологический алгоритм для управления формующим прессом	145
Математическая модель и алгоритм для управления сушильно-пластифицирующим аппаратом	153
Новый метод, математическая модель и алгоритм синхронизации производительностей технологических аппаратов	156
Структурные схемы алгоритмов для реализации АСУТП переработки	177
Выводы по главе	185
ЧАСТЬ III. ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТП ПЕРЕРАБОТКИ ВЭМ	187
ГЛАВА 6. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТП ПЕРЕРАБОТКИ	187
Комплекс специализированных измерителей температуры	187
Измерители давления массы в различных зонах аппаратов	190
Измеритель скорости выхода изделий (производительности) ...	192
Измеритель скорости вращения вала	195
Измерители уровня	198

Автоматические устройства определения концентрации и производительности в процессе приготовления коллоксилино-водной взвеси (КВВ)	202
Электронный детектор и эвакуатор металла из сыпучих транспортных потоков (металлоотсекатель)	211
Выводы по главе	219
ГЛАВА 7. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЯМИ ПЕРЕРАБОТКИ ВЭМ В ИЗДЕЛИЯ	222
Основные принципы организации управления ТП переработки	222
Краткая характеристика и структура системы управления	226
Архитектура и состав АСУТП	233
Технические средства нижнего уровня	235
Технические средства верхнего уровня	237
Структура программного обеспечения	239
Выводы по главе	246
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	248
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	252
Приложение А. Блок-схема обобщённого технологического алгоритма "Качество"	260
Приложение Б. Блок-схема обобщённого технологического алгоритма "Безопасность процесса"	267
Блок-схема обобщённого алгоритма управления процессом переработки	275
Блок-схема алгоритма "Пуск блока в работу"	277
Блок-схема алгоритма "Штатное завершение работы блока" ...	279

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью книги является знакомство читателя со сложным, многогранным, постоянно развивающимся и потому чрезвычайно интересным для познания феноменом, каким является процесс управления в любых сферах деятельности и конкретно – в технике и технологиях. Он до сих пор не поддается детерминированной формализации, несмотря на тысячелетний опыт, накопленный человечеством и отраженный во многих оригинальных и полезных книгах, монографиях, статьях и учебниках.

В этой связи, авторы ни в коем случае не претендуют на истину в последней инстанции, однако надеются, что их многолетний жизненный, производственный и научный опыт может внести новый, дополнительный штрих в богатую палитру уже имеющихся знаний в данной области и тем самым быть полезным специалистам, работающим в области управления технологическими производствами в реальном секторе экономики нашей страны.

Существует много трактовок термина «управление» как философской категории и энциклопедического понятия. Имеют место как объективные, так и порой субъективные интерпретации. Вместе с тем, не умаляя заслуг известных ученых, остановимся на современных формулировках Института проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН). На наш взгляд, они наиболее полно отражают многогранную содержательную сущность указанного понятия применительно к конкретным задачам организации эффективного функционирования технических и технологических процессов:

- **управление как наука** – система упорядоченных знаний в виде концепций, теорий, принципов, способов и форм воздействия на объект.
- **управление как искусство** – способность эффективно применять данные науки управления в конкретной ситуации для принятия нетривиальных решений при дефиците информации и времени.
- **управление как процесс (алгоритм)** – совокупность и последовательность действий, обеспечивающих достижение поставленных целей путем преобразования ресурсов на «входе» в продукцию «на выходе».
- **управление как функция системы управления** – целенаправленное воздействие на объект (личность, коллектив, тех-

нологический процесс, предприятие, государство) для достижения оптимальных результатов при наименьших затратах ресурсов и времени.

В этой связи следует отметить, что большинство специалистов в данной области сходятся во мнении, что **управление** – это древнейшее искусство и новейшая наука. С другой стороны, управление является частью больших политических, экономических, технологических, социальных и этических систем и основывается на собственных концепциях, принципах и методах, т. е. имеет серьезный научно-методический фундамент.

Теория управления имеет свой, только ей присущий предмет исследований – она изучает закономерности организации управленческого процесса и возникающие во время него отношения между явлениями, людьми и внешним миром, определяет методологические приемы, соответствующие специфике объекта исследований, разрабатывает систему и методы активного воздействия на объект управления и определяет способность предвидения и прогнозирования изучаемых процессов.

Поскольку управление является не только наукой, но и искусством, то в принятии управленческих решений особенно велика и ответственна роль **интуиции**, тем более что эти решения обычно принимаются при остром дефиците времени и, как правило, не могут быть изменены. Таким образом, эффективное управление любым объектом возможно лишь при знании научных основ управления и умении творчески применять эти знания.

Во всех сферах человеческой деятельности наука и искусство не исключают, а дополняют друг друга. В управлении, когда любое решение отличается от альтернативных вариантов, умение найти разумный компромисс с минимальными потерями является проявлением искусства управления (или управляющего). Методология и принципы науки управления опираются на достижения теории автоматического регулирования, теории информации, кибернетики и др.

В широком смысле термин «искусство» применим к любой сфере человеческой деятельности, когда какая-либо работа выполняется умело, мастерски, искусно. Поэтому одновременно с теоретическими знаниями важной составляющей искусства управления является умение и практические навыки управляющего как субъекта системы

управления объектом, в основе которых лежат опыт, логика, интуиция, мастерство.

Итак, для эффективного управления необходимо знать его теоретические основы, иметь практический опыт и уметь творчески использовать теорию и практику, **т. е. владеть искусством управления.**

Все изложенное актуально и в полной мере относится к организации процесса управления технологическими объектами, имеющего свои особенности и сложности, обусловленные спецификой применяемых технологий и оборудования, необходимостью их интенсификации и одновременно оптимизации в режиме реального времени, т. е. обеспечения безопасности производства и качества выпускаемой продукции при максимальной производительности технологической линии. Важной особенностью при этом является наличие субъективного человеческого фактора в выборе методов управления и принятии управленческих решений. Все еще существенную роль при реализации данных функций играет человек: исследователь, разработчик технологии и системы управления; оператор-технолог, ведущий технологический процесс (ТП).

Именно это обстоятельство побудило авторов показать, что управление ТП, особенно потенциально опасными, является **органичным сочетанием науки и искусства** (теории и практики) и тем самым обратить внимание всех участников обеспечения эффективности жизненного цикла созданных процессов на необходимость разработки инновационных подходов к их управлению.

С этой целью авторами была разработана структурная модель «искусства управления» ТП, в первую очередь потенциально опасными (ПОТП), представляющая гносеологическую (научно-познавательную) и содержательную сущность этого понятия как философской категории и практического направления деятельности (рис. 1).

Очевидно, что нет смысла подробно описывать предложенную модель. Остановимся лишь на некоторых комментариях, поясняющих ее смысловой характер, содержание и отличительные особенности.

Прототипом данной модели является предложенное В. И Кноррингом в учебнике [1] «генеалогическое древо» искусства управления, фактически представляющее собой примерный перечень наук и знаний, которые могут позволить на практике проявить это искусство.

Однако не дается ответ на главный вопрос – как их использовать в реальной жизни при управлении технологическими объектами.

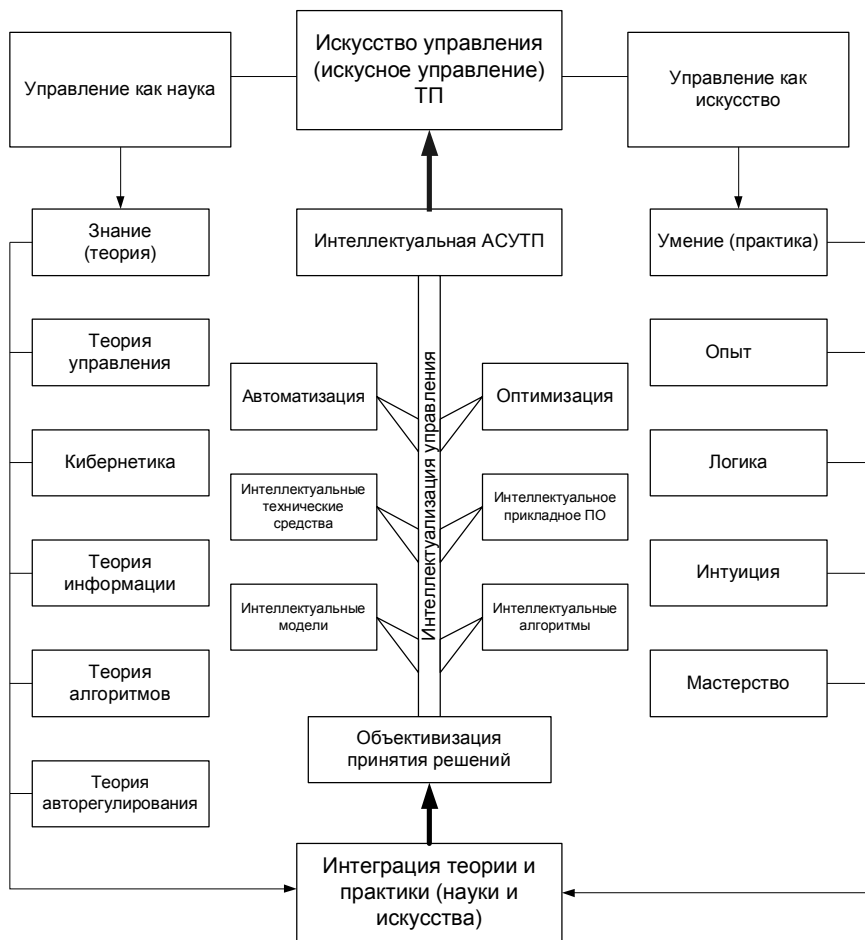


Рис. 1. Структурная модель искусства управления технологическим процессом

В части терминологии наша концепция предполагает следующую формулировку понятия «искусства управления» (применительно к технологиям): **совокупность принципов, методов и средств организации и обеспечения эффективного управления ТП**. Другими словами, главная сущность искусства управления заключается в орга-

низации «искусного» (со знанием и умением) управления, предполагающей, прежде всего, совершенствование процесса управления, т.е. принципов, структур, методов и техники непрерывного и целенаправленного воздействия на управляемый объект. В этой связи, **управление** есть процесс, а **система управления** – механизм, который обеспечивает этот процесс.

Управление не может претендовать на статус точной науки, поскольку процесс управления, как правило, протекает в условиях значительной неопределенности и недостаточной информативности, для чего характерно множество внутренних переменных (параметров и факторов). Поэтому системы управления должны быть динамичными и детерминированными, т. е. обеспечивать реакцию (адаптацию) на любые возмущающие воздействия. Принципиально процесс управления характеризуется двумя основными составляющими: **объектом управления (ОУ)** и **управляющей системой**, или системой управления (СУ). Основная особенность процесса – единство и взаимосвязанность этих составляющих, что обеспечивается обратной связью. Системы, реализующие такое управление, называются замкнутыми (Рис. 2).

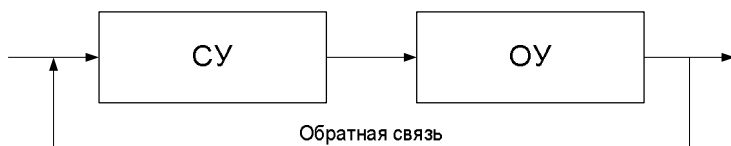


Рис. 2. Принципиальная схема управления

В зависимости от степени участия человека в управлении системы делятся на ручные (неавтоматические) (Рис. 3), автоматические (Рис. 4) и автоматизированные (Рис. 5).

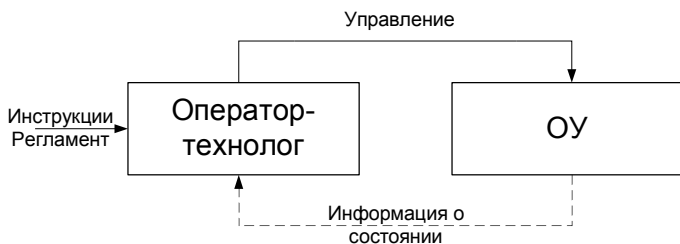


Рис. 3. Схема ручного (неавтоматического) управления

Воздействие на управляемый объект оператор осуществляет различными способами: механическим (непосредственно), электрическим (дистанционно), по телефону или с помощью других устройств связи, если ОУ имеет аппаратчиков, механиков, электриков и т.п.

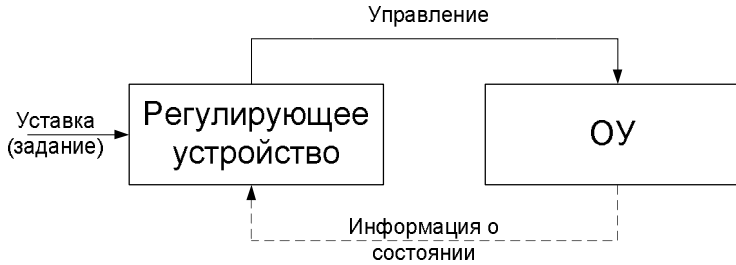


Рис. 4. Схема автоматического управления (регулирования)

В системах автоматического управления (САУ) ТП функционирует без непосредственного участия человека. Его функции выполняет регулирующее (управляющее) устройство, которое принимает необходимое решение на основе полученной информации о ТП путем сравнения текущих значений переменных с заданными и выработке на этой основе соответствующих управляющих сигналов. Как правило, САУ создаются для управления не технологиями, а автономными техническими устройствами с жесткой логикой, начиная от систем наведения ракет, автопилотов в авиации, энергетическими системами, автоматическими защитами и блокировками, робототехническими комплексами и кончая современной бытовой техникой. Разновидность САУ представляют системы автоматического регулирования (САР) отдельных технических и технологических параметров, применяемые как в САУ, так и для управления сложными технологическими объектами. Современные САУ и САР строятся как на локальных автоматических регуляторах, так и на микропроцессорных программируемых логических контроллерах (ПЛК), обладающих высокой надежностью, быстродействием, большими коммуникационными возможностями, длительным ресурсом эксплуатации, необходимым программным инструментарием, программной и физической совместимостью с другими элементами многофункциональных систем управления.

Применительно к ТП САУ и САР решают локальные задачи автоматизации отдельных элементов, агрегатов и устройств, что не мо-

жет обеспечить реализацию главной цели управления – повышения эффективности функционирования технологических производств и предприятий в целом. Для ее реализации необходимо осуществлять комплексную автоматизацию, основу которой составляют АСУТП – автоматизированные системы управления технологическими процессами (рис. 5). Они создаются на базе современных программно-технических комплексов (ПТК), в состав которых входит

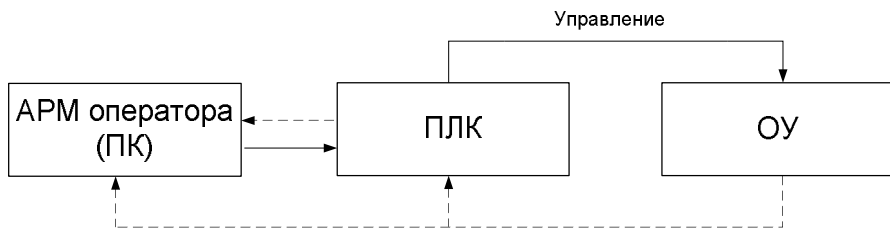


Рис. 5. Схема автоматизированного управления

АРМ - автоматизированное рабочее место на базе персональных компьютеров ПК; ПЛК – контроллерное оборудование

контроллерное (ПЛК) и компьютерное (ПК) оборудование, позволяющее построить эффективные многоуровневые распределенные системы и практически вывести человека-оператора из контура управления. Фактически создаются новые информационные технологии, широко востребованные во всех сферах человеческой деятельности.

Им поручается управление особо сложными объектами, системами жизнеобеспечения, быстро протекающими и потенциально опасными ТП (ПОТП). Действительно, человечеством создано и в настоящее время функционирует масса производственных процессов, участие человека в которых крайне нежелательно. Это, в частности, производства твердых ракетных топлив, боеприпасов, взрывчатых веществ, высокотоксичных, ядовитых медицинских препаратов, а также ядерная энергетика и множество других пожаро-взрывоопасных химических технологий гражданского и специального назначения. Поэтому магистральный путь современной науки и техники – передать максимальное количество функций управления от человека, как ненадежного субъективного фактора, системам комплексной автоматизации. Наиболее актуальным и перспективным в этом плане является создание автоматизированных систем принятия решений, способ-

ных объективно оценить технологическую ситуацию, спрогнозировать ее возможное развитие и выработать оптимальное целенаправленное управляющее воздействие на ТП. Способом решения данной задачи является, на наш взгляд, всесторонняя интеллектуализация управления, основанная на рациональной интеграции теории и практики для его построения, т. е. органичного соединения научных знаний и интуиции, умения и практического опыта. Именно этому посвящена представленная выше модель искусства управления, которая, в отличие от известных работ, дает конкретный ответ на вопрос – как сделать управление искусным, т.е. интеллектуальным. Раскрывается содержательная сущность, а также объем исследований и работ, которые надо выполнить для его построения.

Предметом книги является создание методологических научных основ управления потенциально опасными технологическими процессами, а также практическая реализация этой методологии на примере построения интеллектуального управления взрыво- и пожароопасным производством изделий из высокоэнергетических композиционных материалов как наиболее представительным видом из класса сложных и потенциально опасных технологий.

Часть I

ПРИНЦИПЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Глава 1

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Сущность и актуальность решения проблемы управления потенциально опасными процессами

Под управлением понимается процесс организации целенаправленного воздействия на объект, в результате которого он переходит в требуемое (целевое) состояние. Ключевыми в данном определении являются категории «объект», «цель», «воздействие», «состояние».

Исходя из этого, проблема управления любым объектом, в том числе технологическим процессом (ТП), заключается в установлении содержательной сущности и характера взаимосвязей и взаимодействия указанных категорий, т.е. построении управления ТП.

Для постановки задач дальнейших исследований представим управление ТП в следующем структурно-формализованном виде (Рис. 1.1).

ТП как объект управления может быть представлен в виде выражения:

$$Y = F(X, U, Z) \quad (1.1)$$

где F - оператор работы объекта, устанавливающий связь состояний объекта Y с состоянием среды X с учетом неконтролируемых возмущений Z . Исходя из Рис. 1.1, результаты измерений состояний среды и объекта с помощью датчиков D_x и D_y формулируются, как

$$X_d = F_x(X); Y_d = F_y(Y) \quad (1.2)$$

где F_x и F_y - операторы этих датчиков, являющиеся исходной информацией для управляющего устройства (УУ), вырабатывающего на этой основе управляющее воздействие U .

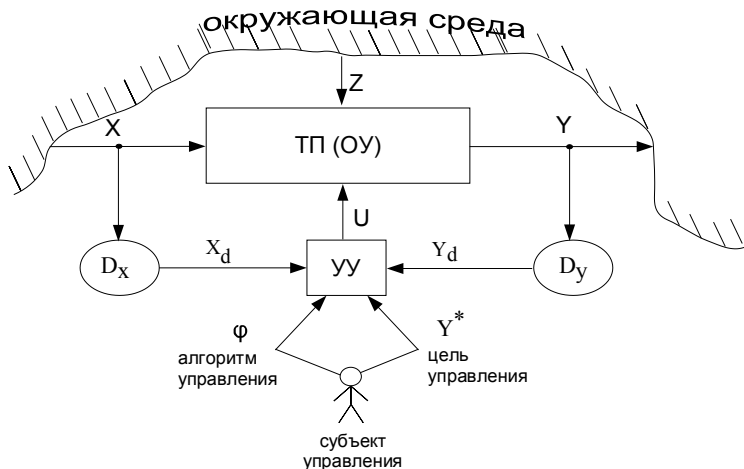


Рис. 1.1. Структурная схема управления ТП

X и Y - векторы состояний среды и объекта управления (ОУ) соответственно; D_x и D_y - датчики измерения состояния среды и объекта; Z - вектор неконтролируемых возмущений (внутренних и внешних); $УУ$ - управляющее устройство; X_d , Y_d - результаты измерений датчиков; U - вектор управляющих воздействий

Формулы (1.2) выражают очевидную связь между состоянием среды и объекта и информации об этом состоянии.

Таким образом, в основе процесса управления лежит информация о сложившейся ситуации:

$$J = J(X_d, Y_d), \quad (1.3)$$

хотя она всегда является неполной. Это связано, прежде всего, с ограниченными возможностями всякой системы сбора информации как по техническим причинам (невозможность создания в данный момент), так и по экономическим (не всегда имеются в достаточном количестве необходимые финансовые ресурсы), что практически всегда приводит к постоянному дефициту информации о поведении среды и объекта.

Для целенаправленного функционирования управляющему устройству $УУ$, кроме информации (1.3), необходимо знать цель управления Y^* , т. е. к чему следует стремиться в процессе управления, а также алгоритм управления (пути достижения этой цели) - конкретные правила, инструкции, указания о том, что и как следует делать в сложившейся ситуации J (1.3). Главным источником целей и реализующих их алгоритмов управления является субъект (человек). Он же – главный оценщик эффективности функционирования ОУ и системы

управления (СУ). Проверка выполнения цели Y^* осуществляется по состоянию Y , т. е.

$$Y^* = \varphi(Y) \quad (1.4)$$

Если $Y^* \neq Y$, возникает необходимость в изменении управления U .

Наконец, располагая информацией о состояниях среды X , объекта Y и цели Y^* , можно представить управление U как результат работы алгоритма:

$$U = \varphi(J, Y^*) \quad (1.5)$$

где φ - алгоритм управления. Он представляет собой оператор $\varphi = \varphi(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n)$, перерабатывающий информацию о среде, объекте и цели в управление U , реализация которого должна переводить объект в требуемое состояние Y^* .

Из проведенного анализа на основе [7] видно, что факторами, присущими любой системе управления объектом (и ТП в частности), являются:

- цель управления (Y^*);
- информация о состоянии ТП и среды (J);
- управляющее воздействие на объект, т. е. собственно управление U ;
- алгоритм управления (φ), на основе которого управляющее устройство УУ вырабатывает U .

Таким образом, фактически укрупненно сформулирована сущность проблемы управления, т. е. проблемные вопросы, которые необходимо решить исследователю и проектировщику при организации эффективного управления промышленным ТП.

Такая проблема особенно актуальна при управлении сложными объектами, к классу которых относятся и потенциально опасные технологии.

Прежде чем перейти к системному анализу последних, обозначим основные признаки (черты) неформального (интуитивного) представления о сложном объекте управления, которые находятся в полном соответствии с классической теорией управления:

1. *Отсутствие, недостаточность или неадекватность математического описания.* Простые ОУ могут тоже не иметь математического описания. Однако, если ими можно управлять без их математической модели, то сложными уже невозможно.

2. *Стохастичность* поведения сложных ОУ, которая в значительной степени затрудняет процессы анализа и управления ими. Любой сложный объект содержит обилие всякого рода неожиданностей, недоступных для наблюдения и, тем более, идентификации.

3. *Конфронтация* к управлению является по определению самой тяжелой чертой сложного объекта. Дело в том, что он существует и функционирует независимо от субъекта и его потребностей. Действительно, любой ТП существует для производства продукции, а не для управления им. Собственные цели такого объекта редко совпадают с целями управления. Они всегда находятся в состоянии антагонизма: если цель управления не согласована с его собственной целью, негативная реакция объекта на управление неизбежна.

4. *Нестационарность* сложного ОУ естественно вытекает из его сложности. Эта черта проявляется в дрейфе характеристик, «плавании» его параметров во времени в процессе функционирования, создавая серьезные трудности при построении модели самого объекта и тем более модели управления им.

5. *Невоиспроизводимость* экспериментов, обусловленная не стационарностью и проявляющаяся в различной реакции объекта на одну и ту же ситуацию или управление в различные временные промежутки. Его постоянное изменение во времени под влиянием не учитываемых и, главное, не измеряемых внешних и внутренних возмущений также нельзя не учитывать при синтезе модели управления. Необходимость организации коррекции, адаптации и экстраполяции значительно усложняют ее при управлении ТП в режиме реального времени.

В связи с изложенным, следует отметить, что перечисленные черты, хотя и имеют неформальный характер, позволяют в определенной мере характеризовать сложный объект управления [7].

Что касается потенциально опасных ТП, то в большинстве своем это непрерывные и непрерывно-периодические процессы получения веществ и смесей и переработки их в изделия, сопровождающиеся, как правило, интенсивным тепло- и газовойделением. К потенциально опасным относятся также дискретные процессы и операции, связанные с механической и термической обработкой пожаро-взрывоопасных материалов и изделий. Этим процессам, наряду с указанными сложностями, присущи и особенности, обусловленные спецификой самих производств.

В частности, наряду с главной особенностью – потенциальной пожаро- и взрывоопасностью – для таких ТП характерны также: изготовление дорогостоящих и ответственных изделий; повышенные требования к их качеству; часто значительная длительность (до нескольких суток) производственного цикла изготовления; большое число параметров контроля, регулирования, сигнализации и блокировок; существенные транспортные запаздывания, обусловленные территориальной рассредоточенностью оборудования; нестандартность самого технологического оборудования и сложность протекающих в аппаратах физических, химических, термомеханических, физико-химических, химико-физических и других процессов, а также их динамических свойств при нанесении управляющих воздействий; отсутствие в ряде случаев измерительной аппаратуры для контроля важных информативных параметров по причине специфических свойств перерабатываемого сырья и полуфабрикатов; многоцелевой характер ТП, требующий организации управления им по нескольким антагонистическим критериям и др. [2,3,4].

Вместе с тем, необходимо отметить, что все перечисленные признаки и особенности являются *причиной существования главного, определяющего отличия* потенциально опасных ТП от неопасных [2]: протекание в двух принципиально отличных режимах - нормального функционирования и предаварийном; при определенных условиях они могут входить в аварийный режим.

Режим нормального функционирования определяется тем, что характеризующие его «опасные» величины параметров (температуры, давления и др.) находятся в регламентных пределах, оборудование и системы управления исправны, а значения опасных параметров поддерживаются с помощью последних автоматически или вручную оператором ТП.

В предаварийном режиме значения опасных величин параметров возрастают и выходят за регламентные границы. В прежнее состояние они возвращаются лишь применением специальных защитных воздействий; если возврат не удастся, то наступает неуправляемый предаварийный, т.е. аварийный режим (аварийная ситуация). Нежелательные режимы могут возникнуть в результате отказов механизмов и приборов, воздействия резких неконтролируемых возмущений, недостаточности информации о сложных явлениях, происходя-

щих в технологических аппаратах. Эти причины носят стохастический характер и могут иметь место при функционировании любого ТП.

Однако в случае реализации современного требования повышения эффективности производства путем интенсификации функционирования ТП, особенно потенциально опасных, возникает качественно другая ситуация, связанная с наступлением указанных режимов. Дело в том, что границы зон интенсивного протекания и неустойчивости у этих ТП общие. Причем, интенсивность протекания процессов снижается по мере того, как зона их функционирования отдалается от границы неустойчивости. Другого пути нет, так как зона неустойчивости чревата выходом ТП в аварийный режим с непредсказуемыми последствиями. Поэтому при составлении технологических регламентов стремятся выбирать режимы, отдаляющие процесс от границ неустойчивости, а это снижает интенсивность его протекания и, как следствие, технико-экономическую эффективность.

Таким образом, описанные особенности потенциально опасных процессов при организации управления ими создают проблемную ситуацию, обусловленную тем, что интенсификация и безопасность, как характеристические категории состояния ТП, антагонистичны по своей сути.

В этой связи, уточним терминологическую сущность понятия «интенсификация». Энциклопедическая трактовка означает (дословно) – усиление, увеличение напряженности, производительности, ответственности. Тогда применительно к технологическим процессам смысл интенсификации заключается в повышении интенсивности ТП с целью улучшения технико-экономических результатов их функционирования, прежде всего, обеспечения максимально возможной производительности. Естественно, достичь этого можно путем форсирования технологических режимов, приводящего к росту температур, давлений, скоростей протекания реакций и других внутренних локальных процессов, что в случае потенциально опасных ТП порождает указанную проблемную ситуацию.

Для иллюстрации на рис. 1.2 приведен качественный характер влияния интенсификации ПОТП на его безопасность в виде примера взаимосвязи производительности (ПР) как характеристики уровня интенсификации формирующего пресса технологической линии переработки высокоэнергетических материалов и температуры перерабатываемой массы (T_M) на выходе из него, как основного критерия

безопасности (или опасности), где $T_M^{БЕЗ}$ – верхнее значение температуры по условиям безопасности, ограничивающее зону интенсивного протекания ТП; T_M^{KP} – верхний порог, за которым наступает неуправляемый процесс (авария). Как видно, зона неустойчивости крайне мала (10°C), учитывая высокие скорости саморазогрева массы, приводящего к ее самовоспламенению. Выбор данного ТП в качестве примера связан с тем, что он является одним из наиболее представительных видов из класса потенциально опасных ТП.

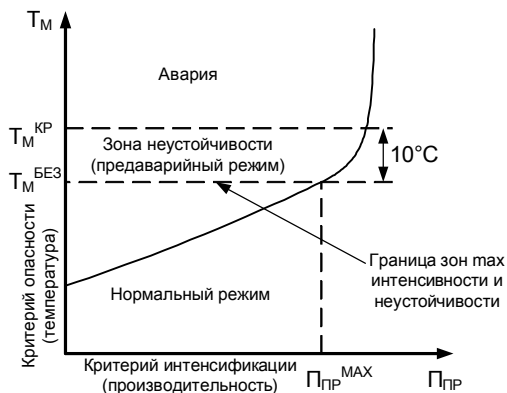


Рис. 1.2. Характер влияния интенсификации на безопасность ПОТП

До настоящего времени указанное выше противоречие учитывалось путем разработки соответствующих технологических регламентов, а также повышения надежности оборудования и систем управления. К сожалению, при априорной очевидности этот путь только декларативно указывает общее направление движения. Вместе с тем, готовых методов и решений по его реализации до сих пор не существует, хотя первые попытки были сделаны в [2] более 30 лет назад.

Изложенные обстоятельства, на наш взгляд, обуславливают актуальность научно-практической задачи по разработке методологии организации эффективного управления потенциально опасными ТП.

Системный анализ и моделирование проблемы

При проведении целевого объектно-ориентированного анализа авторы опирались на основные положения теории систем и системного анализа [5], а также системного технологического подхода к анализу и поиску решения слабоструктурированных проблем и задач в областях экономики, социологии, техники, управления и др, когда за основу берется целенаправленная, определенным образом организованная человеческая деятельность. Другими словами, главным инст-