

Н.А. Калиногорский

Сибирский государственный индустриальный университет

ФОРМИРОВАНИЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ НА ОСНОВАНИИ МЕТОДОВ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

Актуальной проблемой является отсутствие в рамках компетентностного подхода [1] к управлению качеством образования четких принципов формирования УМО ОП, представленного учебными программами, учебниками, учебными пособиями, методическими указаниями и т.д.

Органами управления образованием планирование программ обучения осуществляется с помощью федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) и сводится к формулированию набора компетенций, которыми должен овладеть обучаемый, а также заданию структуры образовательных программ в виде набора блоков дисциплин и практик с указанием объема в зачетных единицах. Содержание всех дисциплин и практик определяется образовательной организацией самостоятельно.

Накопленный опыт показывает, что для эффективного решения практических задач в любой предметной сфере деятельности необходимо планировать образовательный процесс в ориентации на освоение современных методов решения проблем управления с учетом всех свойств объектов управления, существенных с точки зрения достижения цели управления [2]. К таким свойствам объекта управления относятся характеристики входов, выходов, вход-выходной модели, запаздываний в поступлении информации и реализации управлений, ограничений на управления, начальных условий, критерия качества управления и т.д.

Целью настоящей работы является разработка принципов формирования содержания УМО ОП на основании современных методов теории управления, в которых аккумулируется универсальный опыт выработки эффективных управлений с учетом всех свойств объектов управления, существенных с точки зрения достижения цели управления.

Сравнительная характеристика способов формирования УМО ОП на базе компетентностного подхода и предлагаемого подхода,

основанного на методах теории управления, сведена в табл. 1.

Примеры обучения неэффективным методам решения проблем управления

Широкое распространение при создании УМО ОП на всех уровнях образования получил метод решения проблем управления, основанный на применении вход-выходных моделей объектов управления, использующих математические соотношения или значения входов и выходов объекта управления. При этом не учитывается, что на выходные параметры объекта управления оказывают влияние входные параметры, часть из которых не контролируется, но оказывают существенное влияние на значения выходов. В результате обучающиеся осваивают приемы управления, которые неэффективны на практике.

Пример 1. В УМО ОП уровня общего образования по математике, химии, физике и другим дисциплинам используются идеализированные объекты управления в виде вход-выходных моделей, представленных упрощенными математическими соотношениями. При изучении истории, обществоведения и других дисциплин широко используются вход-выходные модели в виде значений входов и выходов объекта управления. Однако во всех случаях отсутствуют сведения о погрешностях этих моделей, связанных с неконтролируемыми входами.

В результате школьники умеют рассчитать с использованием известных математических соотношений время на преодоление заданного расстояния с заданной скоростью, но не умеют оценивать запас времени, необходимый для своевременного прибытия в пункт назначения с учетом задержек, связанных, например, с остановками перед светофорами, пешеходными переходами, которые всегда имеют место на практике.

Пример 2. В УМО ОП уровней профессионального и дополнительного образования также чаще всего отсутствуют сведения о

Сравнительная характеристика способов формирования УМО ОП

Показатели	Значения характеристик подхода, основанного на методах теории управления	Значения характеристик компетентностного подхода
Терминология	Используется стандартная терминология теории управления, единая для любых объектов управления. Переход от натуральных характеристик объекта управления осуществляется с помощью кодирования	Используются натуральные характеристики, которые индивидуальны для каждого объекта управления
Постановка задачи управления	Содержит характеристику всех свойств объекта управления, существенных с точки зрения получения эффективных управлений	Содержит набор компетенций, которые можно рассматривать как качественные составляющие обобщенного критерия качества управления объектом в предметной сфере обучаемого
Методы решения проблемы управления	Приводится описание методов решения стандартных задач, необходимых для получения эффективного управления. Использование стандартной терминологии и методов решения стандартных задач управления позволяют стандартизировать содержание нормативного УМО ОП для всех предметных сфер деятельности	Описание методов решения проблем управления с учетом свойств объектов управления отсутствует из-за недостаточного уровня знаний теории управления преподавателями учебных заведений. Это приводит к освоению обучаемыми неэффективных методов решения реальных проблем управления
Оценка знаний обучаемых	Наличие нормативного УМО ОП позволяет осуществлять объективную государственную оценку знаний обучаемых на основе единого государственного экзамена и других форм аттестации обучаемых	Нет возможности осуществлять объективную государственную оценку знаний обучаемых
Содержание образовательных программ по уровням образования	Формирование содержания УМО ОП по уровням образования в зависимости от задач управления, которые должен решать обучающийся в своей практической деятельности после освоения образовательной программы	Разделение на программы подготовки, например, бакалавров и магистров не имеет четкого обоснования по содержанию УМО ОП

погрешности вход-выходных моделей, которые используются для выработки управлений.

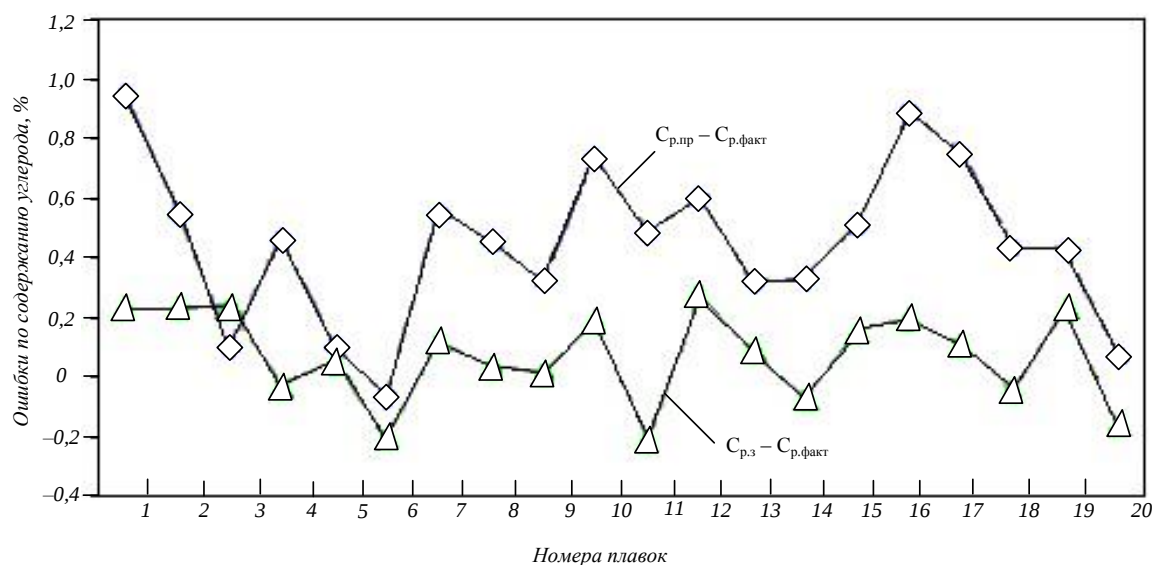
На рисунке приведены результаты специальных исследований ошибки прогноза балансовой модели расчета содержания углерода в металле в момент расплавления шихты в сталеплавильной ванне [3, с. 185 – 227] с использованием проверочной выборки данных. На рисунке приняты следующие обозначения:

$C_{p,пр} - C_{p,факт}$ – разница между прогнозируемым по балансовой модели содержанием углерода в металле и его фактическим содержанием; $C_{p,з} - C_{p,факт}$ – разница между заданным содержанием углерода в металле и его фактическим содержанием, полученным в ходе ведения плавки.

Эта модель используется для расчета управлений, необходимых для получения заданного содержания углерода в металле. Допустимая ошибка управления содержанием углерода в металле составляет 0,2 % С.

Диапазон колебаний ошибки прогноза содержания углерода в металле составляет 1 % С. Эти ошибки обусловлены тем, что ряд входных параметров (химический состав металлического лома, масса спущенного шлака, потери окислителей и т.д.), которые учитываются в балансовой модели, на практике не контролируются. Такие ошибки прогноза содержания углерода в металле на практике приводят к недопустимым ошибкам управления. В то же время сталевар за счет использования алгоритмов управления, выработанных на практике, по существу, обеспечивает выполнение задания по содержанию углерода в металле.

Изучение опыта работы передовых сталеваров [4] показывает, что они на практике не применяют сложные балансовые модели для выработки управлений, а используют сравнительно простые модели каналов управления. Повышение точности управления ими дости-



Ошибки прогноза содержания углерода в сталеплавильной ванне на проверочной выборке данных и ошибки управления

гается за счет прогноза ошибок этих моделей по информации о прошедших и текущих циклах управления.

Далее рассмотрим основные методы теории управления. Под методами теории управления будем понимать совокупность алгоритмов обработки информации, направленных на решение проблем управления объектами с различными свойствами с использованием и без использования человека в контуре управления.

Методы решения проблем управления

В теории управления учет свойств объектов управления для выработки соответствующих методов управления осуществляется при постановке задачи управления [2]. Постановка задачи управления в общем случае включает характеристики выходов, контролируемых возмущений, управляющих воздействий; приведенных к выходу эффектов влияния неконтролируемых входов, вход-выходных моделей объекта управления, ограничений на входы и выходы, начальных условий решения задачи, запаздываний в поступлении информации, критерия качества управления.

Поиск управляющих воздействий, при которых достигается требуемое значение критерия качества управления (цель управления), может быть осуществлен как непосредственно на объекте, так и на его модели [5].

При прямой оптимизации на объекте поиск оптимальных управляющих воздействий осуществляется путем сопоставления значений критерия качества управления при реализации непосредственно на объекте различных вариантов управляющих воздействий [6, 7]. Однако на практике этот метод требует оперативного измерения целевых выходных переменных,

что не всегда возможно. Решающее значение имеют отрицательное влияние на качество управления инерционности каналов регулирования и наличие существенных транспортных запаздываний в передаче управляющих воздействий и поступлении информации, свойственные многим объектам управления. Это затрудняет оперативную оценку эффективности различных управлений и существенно удлиняет время поиска на объекте.

Особые трудности при прямом управлении объектами связаны с действием высокочастотных внешних контролируемых и неконтролируемых возмущений, которые в силу указанного выше, затруднительно скомпенсировать по обратной связи.

Другой подход к оптимизации функционирования объектов управления связан с поиском оптимальных управлений с использованием модели объекта [5]. Модель может использоваться лишь как база для аналитического получения уравнений оптимального управления или является неотъемлемой частью системы управления.

Первый метод применяется для сравнительно простых объектов. В более сложных случаях и, в частности, для нелинейных объектов появляются принципиальные трудности, связанные со сложностью получения точного аналитического решения.

При втором способе на модели осуществляют поиск оптимальных управлений с использованием широкого арсенала алгоритмических методов нахождения экстремума целевой функции. Такая косвенная оптимизация более предпочтительна, так как позволяет

устранять многие недостатки методов поиска непосредственно на объекте.

Прогнозирующая модель может быть выполнена более быстродействующей, чем реальный объект, а поэтому время, необходимое для полного исследования системы, будет незначительно по сравнению с временем реакции объекта на действующие на него возмущения [8, 9].

Таким путем могут быть решены задачи с неблагоприятными динамическими характеристиками, запаздываниями, с большим числом входов, нелинейностью объекта, при наличии ограничений на управления, в условиях действия случайных контролируемых и неконтролируемых возмущений.

С учетом многообразия рассмотренных выше подходов к управлению целесообразно осуществить классификацию способов управления с точки зрения следующих факторов: источника и видов информации, используемой

для выработки управлений; характеристик контролируемых и неконтролируемых возмущений; наличия в контуре управления прогнозирующей модели, ограничений на диапазон изменения и соотношение входов и выходов объекта управления.

В табл. 2 приведена характеристика условий эффективного применения рассмотренных методов управления.

В работе [2] детально рассмотрены основные принципы построения алгоритмического обеспечения эффективных систем управления для всех указанных выше вариантов путем решения ряда стандартных задач.

В нашей стране и за рубежом основное содержание УМО ОП ориентировано на использование метода управления «по входу», что, как показано в рассмотренных выше примерах, не позволяет получить необходимого качества управления.

Т а б л и ц а 2

Характеристика способов управления объектами

Используемая информация	Наличие прогнозирующей модели в контуре управления	Учет ограничений на входы и выходы	Характеристика неконтролируемых возмущений, действующих на управляемый выход		Характеристика контролируемых возмущений
			информация, используемая для оценки	требования к характеристикам возмущений	
«По входу»	Да	Да	–	–	Достаточная точность прогноза по предыстории
	Нет	Нет	–	–	Достаточная точность прогноза по предыстории
«По выходу»	Нет	Нет	Управляемые выходы	Достаточная точность прогноза по предыстории	Не учитываются
	Да	Нет	Вспомогательные выходы	Достаточная точность прогноза по модели взаимосвязи помех	
«По входу и выходу»	Нет	Нет	Управляемые выходы	Достаточная точность прогноза по предыстории	Достаточная точность прогноза по предыстории
	Нет	Нет	Вспомогательные выходы	Достаточная точность прогноза по модели взаимосвязи помех	
	Да	Да	Управляемые выходы	Достаточная точность прогноза по предыстории	
	Да	Да	Вспомогательные выходы	Достаточная точность прогноза по модели взаимосвязи помех	

Выводы. При планировании образовательных программ следует ориентироваться на описание методов управления, адекватных указанным выше свойствам объектов управления, и целенаправленно формировать соответствующее нормативное УМО ОП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байденко В.И., Селезнева Н.А. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования нового поколения как комплексная норма качества высшего образования: общая концепция и модель. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005. – 43 с.
2. Калиногорский Н.А. Системы искусственного интеллекта. Учебн. пособие. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2012. – 170 с.
3. Бигеев А.М. Расчеты мартеновских плавков (Технологическая часть). Учебн. пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1966. – 387 с.
4. Калиногорский Н.А. Формирование базы знаний экспертной системы для управления кислородно-конвертерной плавкой. Учебн. пособие. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 1998. – 150 с.
5. Экман Д.П., Лефкович И. Принципы применения моделей в оптимальных системах управления. – В кн.: Труды I Международного конгресса международной федерации по автоматическому управлению. Т. 3. Теория структур, моделирование, терминология, образование. – М.: изд. АН СССР, 1961. С. 450 – 464.
6. Montgomery D.C. Design and Analysis of Experiments. In: 8th Edition International Student Version, New York: Wiley, 2012. – 752 p.
7. Калиногорский Н.А. Повышение эффективности исследований за счет планирования экспериментов по схеме «опыт – конкретный коэффициент математической модели». – В кн.: Труды X Всероссийской научно-практической конференции «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве». – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2015. С. 407 – 410.
8. Александровский Н.М., Егоров С.В., Кузин Р.Е. Адаптивные системы автоматического управления сложными технологическими процессами. – М.: Энергия, 1973. – 272 с.
9. Егоров С.В. Разработка и исследование систем управления с прогнозирующими моделями для процессов с постоянно действующими контролируруемыми возмущениями: Автореф. дис. докт. техн. наук. – М., 1980. – 40 с.

© 2016 г. Н.А. Калиногорский
Поступила 2 февраля 2016 г.