



Рис. 3. Монтаж металлических конструкций та обладнання модуля 400 та 450

Як і в випадках з раніше розглянутими модулями монтаж несучих і огорожуючих конструкцій головного корпусу вівся після монтажу металевих конструкцій та обладнання даних модулів. В даному випадку всі конструкції кожного із модулів були укрупнені в 42 блоки, монтувались у відповідності із заздалегідь розробленою схемою. При цьому враховувалась можливість максимального укрупнення конструкцій яка залежить від вантажопідйомності кранів та габаритів блоку у зв'язку з можливістю заведення його в проєктне положення. Монтаж технологічного обладнання виконувався разом з монтажем металевих конструкції, кріплення якого виконувалось відповідно до проєкту.

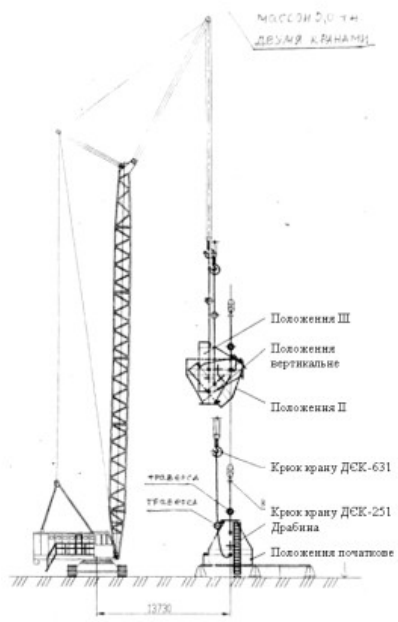


Рис. 4. Кантування та монтаж обладнання модуля 450 з допомогою двох кранів

Всього ТОВ «Стальконструкція» на будівництві головного корпусу було змонтовано 1567 тн металоконструкцій і виконано за 9 місяців робіт на суму 22 млн 570 тис. грн., із затратами на цей обсяг робіт 62482 чол/часів.

Досвід роботи на даному об'єкті дозволяє зробити наступні висновки :

- на об'єктах із значним насиченням внутрішніх металевих конструкцій та обладнання роботи необхідно вести таким чином щоб вони передували монтажу несучих і огорожуючих конструкцій будівель в яких вони знаходяться. Це дозволяє скоротити термін монтажних робіт, забезпечити раціональну роботу монтажних кранів та обладнання, уникнути пересічення стріл кранів. Крім цього це дає можливість скоротити трудомісткість монтажних робіт та уникнути застосування такелажного обладнання;

- блочний монтаж металевих конструкцій та обладнання підвищує якість монтажних робіт та скорочує терміни їх виконання;

- з метою подальшого скорочення термінів будівництва аналогічних об'єктів, зменшення трудомісткості та вартості будівельно-монтажних робіт необхідно заздалегідь визначати завдання на будівельно-монтажні роботи конкретних виконавців для більш повного урахування в проєктах виконання робіт їх пропозицій. При цьому необхідні узгоджені взаємодії замовника, генерального підрядчика та субпідрядників.

УДК 517.977.5:519.857:69.003

АНАЛИТИЧЕСКОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ ПЛАНИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Н.М. Еришова, д.т.н., проф.

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,
г. Днепропетровск*

Проблема. Экономико-математические методы управления народным хозяйством требуют существенного повышения эффективности работы органов управления, овладения ими прогрессивными методами планирования и управления на базе современных информационных технологий. В настоящее время остро стоит вопрос о математическом и техническом обеспечении процессов планирования и управления. Проблема заключается в недостаточном использовании при разработке математического обеспечения системного подхода и методов теории оптимального управления.

В работе [1] предложен подход к математическому обеспечению процессов планирования и управления, учитывающий взаимодействие сложного динамического объекта и сложного субъекта. Задача формализации процессов планирования и управления разбита на три подзадачи:

- описание объекта;
- описание субъекта;
- описание их взаимодействия в процессе управления.

Постановка задачи. Задача синтеза систем при случайных воздействиях и помехах называется задачей аналитического конструирования устройств активного управления. Математические модели объекта и регулятора можно построить с помощью метода стохастического динамического программирования. Требуется на основе этих моделей разработать соответствующие математические модели субъекта и планировщика.

При описании экономического объекта учитывают его динамическую природу, поэтому оперируют не уровнями показателей, а их траекториями. Если объектом управления выступает производственно-экономическая система, то ее можно представить в виде множества взаимосвязанных объектов (показателей). Объекты эти принимают определенные значения, которые можно наблюдать. Теория систем М. Месаровича [2] предлагает научный путь изучения объекта - от наблюдаемых факторов к проявлению внутреннего устройства (внутренней динамики) производственно-экономической системы. Эта теория, кроме того, обобщает методы теории автоматического управления с целью конструирования регуляторов общей природы, что позволяет формализовать в первом приближении основные понятия планирования и управления: задачу, проблему, проблемную ситуацию, производственно-управленческую деятельность субъекта.

К некоторым из объектов системы субъект имеет доступ, т.е. имеет возможность непосредственно задавать их значения, и он стоит перед выбором - какие из этих возможностей реализовать в производственно-управленческой деятельности. Субъект стремится провести объект управления по некоторой предпочтительной траектории. Если эта траектория отличается от фактической траектории, то перед субъектом возникает задача определения отклонений (рассогласований). Затем возникает проблема выбора пути решения задачи. Множество проблем, связанных с решением задачи, составляет проблемную ситуацию, в которой разворачивается производственно-управленческая деятельность субъекта.

Методы и средства представления объекта управления в технической кибернетике образуют комплекс задач при аналитическом конструировании регулятора. Регулятор - это устройство, оценивающее в каждый момент текущее состояние объекта и на основе этой оценки вырабатывающее входные воздействия, которые выводят объект в заданную точку пространства состояний. При этом реализуется принцип обратной связи - текущее управляющее воздействие является функцией текущего состояния объекта. В технической кибернетике нет проблемы описания субъекта.

В последнее время появились работы, в которых доказывается возможность применения методов теории автоматического управления для управления динамическими процессами экономических систем [3-9]. При этом возникает проблема представления субъекта управления. В работе [1] показано, что подход М. Месаровича к описанию объекта можно перенести на изучение субъекта управления.

Субъект - это система, которая ставит и решает задачи. В этой системе обычно выделяют две подсистемы:

- бессознательное импульсивное решающее устройство, в котором действуют потребности, желания и т.д.;
- сознание, планирующее устройство, которое формулирует цели, ставит задачи.

Субъект рассматривается в виде черного ящика, перед которым ставят множество условных задач, условий, а он дает на них ответы, подсказанные его потребностями, желаниями и т.д. Таким образом, субъект предстает как множество условных решений. У субъекта должно быть множество целей для выделения из имеющегося множества условных решений группы решений, преследующих одну какую-то цель. В соответствии с принципом Беллмана процесс определения решений, протяженных во времени, разворачивается из будущего в обратной временной последовательности.

Следовательно, если в схеме управления поменять вход и выход, направление течения времени и переопределить объектные понятия (входное воздействие, состояния, реакция и т.д.) в субъектные понятия (задача, цель, решение и т.д.), то получим схему субъекта управления (рис. 1).

Цель субъекта можно идентифицировать, не задавая ему на этот счет прямых вопросов, а ограничиваясь только множеством условных решений. Эта принципиальная возможность служит фундаментальной основой для конструирования автоматических планирующих устройств. Планирующее устройство (планировщик) и регулятор основаны на общих принципах и роли их аналогичны. Подключенный к субъекту планировщик осуществляет планирование, т.е. выявляет и формулирует цепочку промежуточных целей субъекта. Он предлагает субъекту промежуточные задачи, получает на них ответы, настраивается на внутреннюю динамику субъекта и идентифицирует его текущую промежуточную цель. Подобную роль для человека играет его сознание. В процессе управления субъект и объект взаимодействуют, но не напрямую, а путем взаимодействия планировщика и регулятора в форме реализации плана или программы.



Рис. 1. Схемы объекта и субъекта управления

Разработаем математическую модель субъекта и планировщика по математической модели объекта и регулятора, построенной на основе метода стохастического динамического программирования. В этом методе математическая модель объекта управления имеет вид:

$$\begin{cases} \dot{X}(t) = AX(t) + BU(t) + LN(t), \\ Y(t) = HX(t) + V(t), \end{cases} \quad (1)$$

где X - вектор состояния объекта; U - вектор управления; N - вектор внешних возмущений; Y - вектор наблюдения; V - вектор ошибок

измерений компонент вектора состояния; A, B, L, H – вспомогательные матрицы соответствующих размеров. Внешние возмущения и ошибки измерений считаются гауссовскими случайными процессами типа белого шума с нулевым математическим ожиданием. Следовательно, их корреляционные функции принимаются в виде

$$K_N = Q\delta(t - \tau); K_V = R\delta(t - \tau); K_{NV} = 0,$$

где $\delta(t)$ – дельта функция Дирака; Q – матрица, элементами которой являются дисперсии внешних возмущений; R – матрица, элементами которой являются дисперсии ошибок измерения компонент вектора состояния. Начальное состояние объекта представляет собой гауссовскую векторную случайную величину, не зависящую от внешних возмущений и ошибок измерительных приборов, с математическим ожиданием \bar{X}_0 и известной корреляционной матрицей $K(0)$, элементами которой являются требуемые дисперсии компонент вектора состояний объекта. В качестве критерия оптимальности принимается функционал

$$J = M \left\{ \int_{t_0}^T (X' P X + U' G U) dt \right\}, \quad (2)$$

где P, G – матрицы весовых коэффициентов квадратичного функционала, символ M означает операцию математического ожидания. Ставится задача: определить закон управления по оценке вектора состояния объекта, полученной на основе измерения его выходных компонент на интервале времени $[t_0, T]$, доставляющий минимум функционалу.

В соответствии с теоремой разделения оптимальное управление $u^0(t)$ объекта, представленного системой (1), доставляющее минимум функционалу (2), имеет следующий вид:

$$u^0(t) = -G^{-1} B' S \hat{X}, \quad (3)$$

где \hat{X} – оценка вектора состояния объекта; S – матрица–результат решения матричного дифференциального уравнения Риккати:

$$\frac{dS}{dt} = -SA - A'S + SBG^{-1}B'S - P. \quad (4)$$

Оценка вектора состояния объекта определяется из решения дифференциального уравнения

$$\frac{d\hat{X}}{dt} = (A - BG^{-1}B'S)\hat{X} + KH'R^{-1}[Y(t) - H\hat{X}] \quad (5)$$

при $\hat{X}(t_0) = \bar{X}_0$. В уравнении (5) K – корреляционная матрица ошибки оценки, получаемая из решения дисперсионного уравнения типа Риккати:

$$\frac{dK}{dt} = AK - KA' - KH'R^{-1}HK + LQL'. \quad (6)$$

Математическая модель регулятора представляет собой совокупность уравнений (3) и (5), т.е.

$$\frac{d\hat{X}}{dt} = A\hat{X} + BU + KH'R^{-1}[Y - H\hat{X}]; \quad (7)$$

$$U = -G^{-1}B'S\hat{X}.$$

Чрезвычайная важность обратной связи состоит в том, что с ее помощью можно произвольным образом менять динамику объекта. Поэтому нет необходимости строить объект так, чтобы он сразу обладал хорошими динамическими свойствами – желаемых свойств можно достичь искусственно с помощью обратной связи. Это обеспечивает свободу при конструировании объекта управления.

Понятие обратной связи способствовало установлению принципиальных аналогий между организацией управления в качественно различных системах: машины, живые организмы и коллективы людей. Обратная связь означает соединение выхода и входа системы либо непосредственно, либо через другие элементы системы (рис.2). С помощью обратной связи сигнал (информация) с выхода системы (объекта управления) передается в орган управления. Здесь этот сигнал, содержащий информацию о выполненной объектом управления работе, сравнивается с сигналом, задающим содержание и объем работы (например, план). В случае возникновения рассогласования между фактическим и плановым состоянием работы принимаются меры по его устранению.

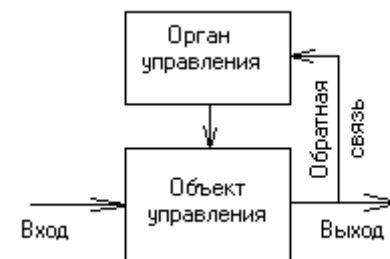


Рис.2. Пример обратной связи

Основными функциями обратной связи являются [10]:

- противодействие тому, что делает сама система, когда она выходит за установленные пределы (например, реагирование на снижение качества);
- компенсация возмущений и поддержание состояния устойчивого равновесия системы (например, неполадки в работе оборудования);
- синтез внешних и внутренних возмущений, стремящихся вывести систему из состояния устойчивого равновесия, сведение этих возмущений к отклонениям одной или нескольких управляемых величин (например, выработка управляющих команд на одновременное появление нового конкурента и снижение качества выпускаемой продукции);

- выработка управляющих воздействий на объект управления по плохо формализуемому закону.

Нарушение обратных связей в социально-экономических системах по различным причинам ведет к тяжелым последствиям. В этих системах не всегда удается четко выразить обратные связи, которые в них, как правило, проходят через целый ряд промежуточных звеньев, и четкий их просмотр затруднен. Сами управляемые величины нередко не поддаются ясному определению и трудно установить множество ограничений на параметры управления. Не всегда известны действительные причины выхода управляемых переменных за установленные пределы.

Для построения математической модели субъекта возьмем упрощенную модель объекта. Рассмотрим модель (1) без учета внешнего возмущения, т.е. на вход объекта поступает вектор управления U - множество управленческих воздействий, выходом является вектор Y . Тогда математическая модель объекта примет вид:

$$\begin{aligned}\dot{X}(t) &= AX(t) + BU(t), \\ Y(t) &= HX(t) + V(t).\end{aligned}\quad (8)$$

Объект управления представляется в виде черного ящика, вход и выход которого можно непосредственно наблюдать и по ним оценивать текущее состояние $\hat{X}(t)$ для выработки текущего входного воздействия $U(t)$. Этим занимается регулятор, который по структуре объекта (A, B, H) настраивается на него в процессе регулирования.

Известно, что система (8) обратима. Обратив направление времени, поменяв входы и выходы в соответствии со схемами (см. рис. 1), заставим объект (8) вернуться из будущего к настоящему. Физического смысла такая операция не имеет. Эту операцию проделывает мысленно субъект управления каждый раз при планировании своей управленческой деятельности в отношении объекта, стремясь перевести его в нужное состояние.

Субъект, который знает структуру объекта, представляет собой обратную динамическую систему (динамический процесс). В этом процессе возникают задачи наблюдения целевого состояния и конструирования планировщика. Назначение планировщика в этом случае состоит в оценке целевого состояния и генерации текущих задач, которые подаются на вход субъекта и на которые он должен дать ответ. Таким образом, планировщик, настраиваясь на субъект как на черный ящик, разрабатывает план или программу, т.е. цепочку оценок промежуточных целевых состояний.

Построим математическую модель субъекта и планировщика. Обратим систему (8), придавая ей форму субъекта, т.е. $U(t)$ является выходом субъекта, $Y(t)$ - входом. Вектор целевого состояния обозначим $F(t)$. Тогда математическая модель субъекта имеет вид (9)

$$\begin{aligned}\dot{F} &= H^{-1}\dot{Y}; \\ U &= -B^{-1}(H^{-1}\dot{Y} + AF).\end{aligned}\quad (9)$$

Математическая модель планировщика соответствует системе дифференциальных уравнений (10)

$$\begin{aligned}\hat{F} &= H^{-1}\dot{Y} + M[U - B^{-1}(H^{-1}\dot{Y} + AF)]; \\ \dot{Y} &= D\hat{F}.\end{aligned}\quad (10)$$

Когда процесс управления развертывается во времени, то взаимодействие субъекта и объекта осуществляется путем взаимодействия планировщика и регулятора. Цепочка оценок промежуточных целей взаимодействует с цепочкой оценок промежуточных состояний, определяя друг для друга в каждый момент времени входы и выходы, задачи и ответы, воздействия и реакции, $u(t)$ и $y(t)$. При этом оценка ближайшей цели должна лучше учитывать текущее состояние объекта, а оценка состояния объекта – намерения субъекта, т.е. план должен уточняться с учетом опыта его реализации, а движение объекта должно переосмысливаться с учетом выявленных целей субъекта.

Выводы.

1. Разработаны математические модели объекта управления и регулятора на основе метода стохастического динамического программирования.
2. На основе этих моделей построены математические модели субъекта управления и планировщика, т.е. создан математический аппарат аналитического конструирования планировщика.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Батулин А.Н., Тихомиров А.А. Моделирование экономических систем (целевой подход). М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1987.
2. Месарович М., Такаха Я. Общая теория систем: математические основы, - М., 1978.
3. Сиразетдинов Т.К. Динамическое моделирование экономических объектов. - Казань: «Фан», 1996. - 223 с.
4. Крушев В.Н. Теория управления. Технично-экономические системы: Учебное пособие. - Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. - 134 с.
5. Крушев В.Н. Исследование систем управления: Учебное пособие. - Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2000. - 232 с.
6. Крушев В.Н. Теория оптимального управления экономическими системами: Учебное пособие. - Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2003. - 114 с.
7. Салмина Н.Ю. Моделирование систем: Учебное пособие. - Томск: ТГУ систем управления и радиоэлектроники, 2003. - 197 с.
8. Ершова Н.М. Моделирование динамических процессов экономических систем: Конспект лекций. - Днепрпетровск: ПГАСА, 2007. - 112 с.
9. Ершова Н.М. Активное управление динамическими процессами экономических систем//Новини науки Придніпров'я. Науково-практичний журнал. Інженерні дисципліни. - Дніпропетровськ, 2006. №1. с.16 - 22.
10. Голубков Е.П. Системный анализ как методологическая основа принятия решений//Менеджмент в России и за рубежом, 2002. №3, с. 95-115.