УДК 621.39

В.А. Полетаев, С.А. Асанов

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Сравнительный анализ функций образовательного и производственного учреждений [1] подтвердил адекватность организации достижения сформулированных целей и выполнения обеспечивающих задач, в том числе управления. Образовательный процесс по характерным признакам может рассматриваться как технологический процесс [1].

Это позволяет использовать научно-образовательные модели проектирования, внедрения, эксплуатации, сопровождения и модернизации отдельных его компонентов: операционно-технологических схем, реализующих процессы обучения (последовательных, параллельных и квазипараллельных); обоснование структур технологической подготовки образовательного процесса; выбор критериев управления, управляющих воздействий и ресурсных ограничений и др.

Следовательно, образовательный процесс можно рассматривать как объект управления. В качестве критерия управления следует использовать уровень знаний студентов, так как он является комплексным универсальным показателем, характеризующим как эффективность образовательного процесса, так и уровень образования.

Если представить образовательный процесс в виде модульно-рейтинговой технологии обучения (рис. 1), то он состоит из последовательности n отдельных блоков-операций, каждая из которых имеет свою структуру, где O_{ij} – модуль образовательного процесса (объект управления) i технологического (образовательного) процесса j-й технологической операции; $y(t_0)$ – показатель уровня знаний студента в начальный момент t_0; $y_i(t)$ – показатель уровня знаний студента по прошествии процесса обучения с помощью i-го образовательного процесса.

Возможность управления ОП по критерию уровня знаний в общем виде выражается следующим образом

$$K=F(y) \qquad (1)$$

при условии

$$f(x_{ij}, q_{ij}, u_{ij}, y_{ij}, t_{ij}) \le f_{\partial}(x_i, q_j, u_j, y_i, t_i), \qquad (2)$$

$$x_{ij}(t) \in x_i \;;\; q_{ij}(t) \in q_i \;;$$
$$u_{ij}(t) \in u_i \;;\; y_{ij}(t) \in y_i \;;$$
$$j=1 \div n \;;\; i=1 \div m \qquad (3)$$

где K – комплексный показатель, отражающий уровень знаний; $f(x_{ij}, q_{ij}, u_{ij}, y_{ij}, t_{ij})$ – уравнение связи; $f_{\partial}(x_i, q_j, u_j, y_i, t_i)$ – ресурсные ограничения на параметры, входящие в уравнение связи; x_i – множество допустимых значений вектора $x_{ij}(t)$; $x_{ij}(t)$ – вектор переменных внешних воздействий, характеризующих связь ОП с внешней средой j-ой операции в момент времени t; q_i– множество допустимых значений вектора $q_{ij}(t)$; $q_{ij}(t)$ – вектор переменных неуправляемых входов j-ой операции в момент времени t; u_i – множество допустимых значений вектора $u_{ij}(t)$; $u_{ij}(t)$ – вектор управления, компонентами которого являются управляющие технологические параметры j-ой операции в момент времени t; y_i – множество допустимых значений вектора $y_{ij}(t)$; $y_{ij}(t)$ – вектор переменных выхода (уровень знаний) j-ой операции в момент времени t; I – множество допустимых вариантов i-ых технологических процессов, характеризующих количество учебных дисциплин.

Математическая модель ОП представляется системой уравнений связи (2) и системой уравнений (3) ограничений.

Задача ликвидации проблемной ситуации в процессе обучения формулируется следующим образом: необходимо найти

$$u_i^*=u^*(x_{ij}(t_0)\;,\; q_{ij}(t_0)\,),$$

где $x_{ij}(t_0)$, $q_{ij}(t_0)$ – параметры, значения которых будут определены к началу реализации управленческих воздействий из

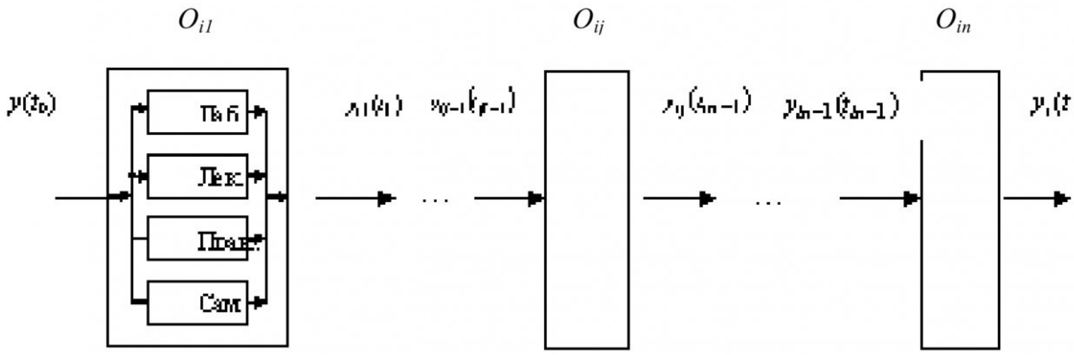

Рис. 1. Структурная схема модульно-рейтингового образовательного процесса

условия:

$$K^{*}=M\,[F_t(y)\geq F_{t,cm}(y)];$$
$$f_t(x_{ij}, q_{ij}, u_{ij}, y_{ij}, t_{ij}) \leq f_{\partial}(x_i, q_j, u_j, y_i, t_i),$$
$$u_{ij}(t) \in u_i \;;\; x_{ij}=x_0, \qquad (4)$$

где M – модель (алгоритм) управления, обеспечивающая уровень знаний $F_t(y)$, удовлетворяющих критерию образования, стандарту $F_{t,cm}(y)$ на момент его оценивания или окончания образовательного периода t_{ij} с затратами $f_t(x_{ij}, q_{ij}, u_{ij}, y_{ij}, t_{ij})$.

Задачу совершенствования качества образовательного процесса нельзя понимать в том смысле, что надо обязательно стремиться к повышению уровня знаний или удельного прироста знаний, умений, навыков

$$\Delta У_P = \frac{У_к - У_о}{P}, \qquad (5)$$

где $У_к$, $У_о$– соответственно, уровень знаний в конце и начале обучения; P– условный параметр, относительно которого определяется эффективность ОП.

В действительности не всегда целесообразно их повышать, так как они достигаются на основе соответствующих затрат. Эти затраты должны быть оправданы получением соответствующего эффекта. Существуют определенные показатели качества ОП, при которых достигается максимальный эффект.

В настоящее время нет достаточных научно-методических и нормативных материалов, регламентирующих такое важнейшее направление совершенствования качества ОП как оптимизация показателей уровня знаний студентов.

Этот процесс разделен на следующие этапы:

– разработка эскизной схемы структуры и функционирования объекта оптимизации (ОП);

– составление математической модели функционирования (ММФ) объекта оптимизации;

– составление математической модели оптимизации (ММО) параметров качества ОП.

ММФ ОП не содержит целевой функции оптимизации. На этом этапе не обязательно составлять выражение для эффектов и затрат, связанных с разработкой и эксплуатацией ОП. Построение ММФ ОП заключается в установлении входов, выходов элементов и функций преобразования, а также в определении номенклатуры оптимизирующих показателей. ММФ должна содержать ограничения на значения переменных состояния и управляющих параметров. Таким образом, основная задача составления ММФ ОП заключается в том, чтобы обеспечить определение исходных данных для третьего этапа построения ММО с учетом взаимодействия элементов ОП.

К исходным данным относятся эффекты *Э*, затраты *З*, связи между оптимизирующими параметрами *E*, ограничения в виде неравенств *Н*, цели образовательного процесса *Ц*.

Для составления ММО, исходя из ММФ, необходимо выполнить следующие работы:

– составить или уточнить выражения для исходных зависимостей;

– уточнить разделение параметров на заданные и оптимизируемые при данной постановке задачи;

– разделить все зависимости на целевую функцию и ограничения.

Приведенные в работе [2] исследования позволили построить принципиальную схему оптимизации качества (рис.2) и выявить исходные данные в виде следующих функций:

1. Зависимость составляющих эффекта $Э_\varepsilon$ от оптимизируемых параметров P_i $(i=1\div n)$

$$Э_\varepsilon = f_{Э\varepsilon}\,(Э_1, Э_2, \ldots, Э_e,,$$
$$\varepsilon=(1,2,..,e)\;, \qquad (6)$$

где n – число оптимизируемых параметров; t– время; e– число

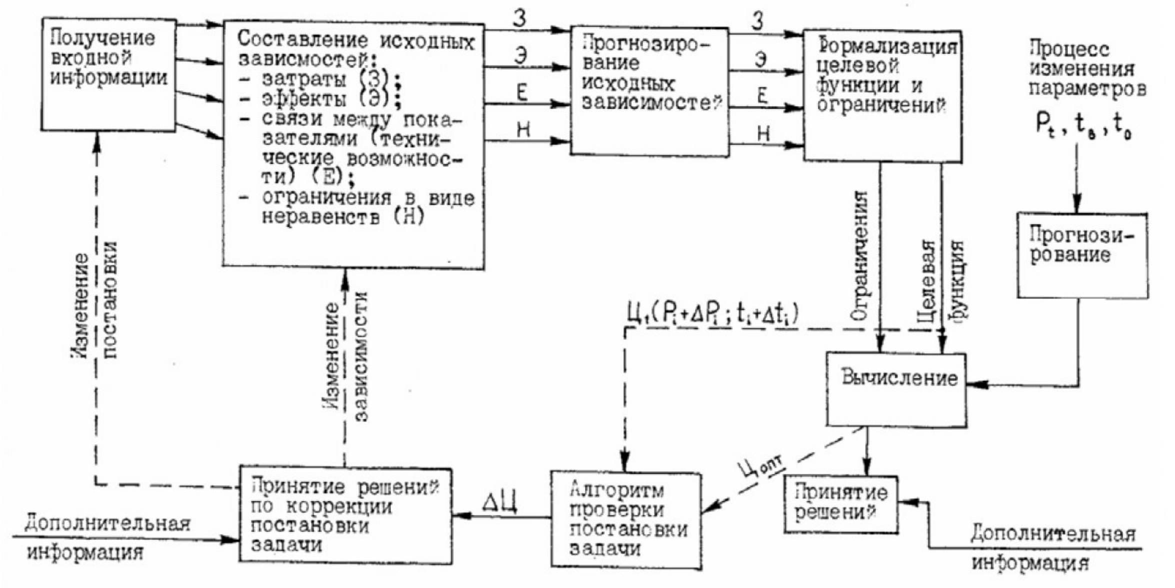

Рис. 2. Принципиальная схема оптимизации качества изделий

существенных составляющих эффекта; V– объем знаний.

2. Зависимость составляющих затрат на разработку и эксплуатацию системы ОП от этих же параметров

$$З_{\xi} = f_{З\xi}(P_1, P_2, \ldots, P_n), \quad \xi = (1, 2, .., z), \quad (7)$$

где z – число существенных составляющих затрат.

3. Целевая функция оптимизации в виде зависимости от эффектов, затрат и времени

$$Ц = f_{Ц}(Э_1, Э_2, \ldots, Э_e, \; З_1, З_2, \ldots, З_я, t). \quad (8)$$

4. Зависимости между оптимизируемыми параметрами, которые описывают технические возможности (ограничения)

$$E_j = f_{Ej}(P_1, P_2, \ldots, P_n, V, t); \quad j = 1, 2, ..m. \quad (9)$$

5. Ограничения в виде неравенств, описывающие производственные возможности

$$H_k \le f_{Hk}(P_1, P_2, \ldots, P_n, V, t); \quad k = 1, 2, ..l. \quad (10)$$

Задача заключается в том, чтобы найти такие параметры изделия $P_1, P_2, \ldots, P_n$ при которых целевая функция (8) достигает максимального значение при условии ограничений, т. е. зависимостей (9) и (10).

Математическая модель оптимизации ОП зависит от его структуры. Как видно из рис. 1, модули ОП составляют последовательный комплекс, сам же модуль состоит из параллельных комплексов.

В последовательном комплексе эффект каждого n-го элемента служит входом в последующий (n+1) элемент.

В качестве параметров управления принимаются оптимизируемые параметры объекта, так как именно их варьирование приводит к изменению процесса разработки и функционирования комплекса, делает его объектом управления.

Пусть каждый n-й элемент комплекса содержит набор оптимизируемых параметров

$$\overline{P}(n) = \left(P_1(n), \ldots, P_{K_n}(n)\right), \quad (11)$$

где K_n – число оптимизируемых параметров n–го элемента

$$\overline{P}(n) \in \left\{\overline{P}(n)\right\}, \quad (12)$$

где $\left\{\overline{P}(n)\right\}$ – множество допустимых значений вектора $\overline{P}(n)$.

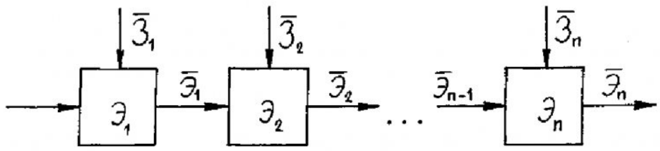

Рис. 3. Последовательный комплекс

Входом в каждый последующий элемент n служит выход предыдущего (n-1)-го элемента

$$\overline{x}(n) = \overline{y}(n-1) = = \left[y_1(n-1), \ldots, y_{u_{n-1}}(n-1)\right] \quad (13)$$

где $n = 1, 2, .., N$, u_{n-1} – число составляющих вектора выхода $\overline{y}(n-1)$;

$$\overline{y}(n-1) \in \left\{\overline{y}(n-1)\right\}, \quad (14)$$

где $\left\{\overline{y}(n-1)\right\}$ – множество допустимых значений для вектора $\overline{y}(n-1)$.

Вектор выхода n-го элемента

$$\overline{y}(n) \in \left\{y_1(n), \ldots, y_{u_n}(n)\right\} \quad (15)$$

$$\overline{y}(n) \in \left\{\overline{y}(n)\right\}. \quad (16)$$

Очевидно $\overline{y}(N) = \overline{y}_K$, где $\overline{y}_k$ – выход комплекса. Вектор выхода n-го элемента зависит от оптимизируемых параметров элемента и значений векторов его входа

$$\overline{y}(n) = F^{(n)}\left[\overline{y}(n-1); \overline{P}(n)\right], \quad (17)$$

где $F^{(n)} = \left(F_j^{(n)}, \ldots, F_{u_n}^{(n)}\right)$ - функция преобразования элемента [1].

Зависимости (11) –(15) составляют базовую математическую модель функционирования.

Для получения ММО добавим необходимые зависимости. Затраты, связанные с созданием и функционированием комплекса, имеют вид

$$З_K = \Sigma З^{(n)}\left[\overline{y}(n-1); \overline{P}(n)\right] + З_o, \quad (18)$$

где $З_к$ – суммарные, приведенные к одному моменту времени затраты на создание и функционирование комплекса;

$З^{(n)}\left[\overline{y}(n-1); \overline{P}(n)\right]$ – приведенные затраты на создание и функционирование элемента n; $З_o$ – некоторая часть затрат, неразделенная по элементам.

Затраты $З_к$ могут рассматриваться как ограничения или как целевая функция.

Целевая функция оптимизации в общем случае имеет вид:

$$Ц = \Phi\left[\overline{y}(N)\right] + \sum_{n=1}^{N} G_i^{(n)}\left[\overline{y}(n-1); \overline{P}(n)\right] \quad (19)$$

где $\Phi\left[\overline{y}(N)\right]$– функция от выхода комплекса;

$G_i^{(n)}\left[\overline{y}(n-1); \overline{P}(n)\right]$ – функция, которая оценивает "вклад" каждого отдельного элемента в достижение цели (в целевую функцию).

Сформулируем задачу оптимизации простейшего последовательного комплекса, соответствующую базовой пространственной математической модели.

При заданном значении для входа $y(o)$ комплекса и уравнениях (13), (15), описывающих функционирование комплекса, ограничениях (12), (14) и (16) на значения оптимизируемых параметров, входов и выходов элементов, а иногда и на значения затрат требуется найти такие допустимые значения оптимизируемых параметров $\overline{P}_{опт}(1), \overline{P}_{опт}(2), \ldots, \overline{P}_{опт}(N)$ обеспечивающих максимум целевой функции. Число элементов комплекса N обычно задано, но иногда ищется в процессе решения задачи.

Приведенная базовая математическая модель будет называться пространственной, так как в ней рассматриваются изменения не во времени, а изменения при переходе от одной операции ОП к другой операции.

В случае динамической задачи и рассмотрения всего комплекса в каждый момент времени, получаем временную математическую модель, в которой изменяем смысл буквы n.

Примером параллельного комплекса является структура модуля ОП (рис.4)

Функционирование n -го элемента комплекса с параметром $P(n)$ (или его выход) характеризуется следующими функциями преобразования:

$$y_1^{(n)} = F_1^{(n)}\left[x_1(n), x_2(n), \dots\right.$$

$$\left.\dots, x_{m_n}(n), P(n), P(V_n', V_n'')\right], \dots$$

$$y_{l_n}^{(n)} = F_{l_n}^{(n)}\left[x_1(n), x_2(n), \dots\right.$$

$$\left.\dots, x_{m_n}(n), P_1(n) P(V_n', V_n'')\right], \qquad (20)$$

где $x_1(n), \dots, x_{m_n}(n)$ – составляющие вектора входа в n-й элемент; m_n– число компонент вектора входа в n элемент.

$$V_n' = \int\limits_{P(n-1)}^{P(n)} \varphi(P)\left[P_n\{P(n-1), P, P(n)\}\right] dP \qquad (21)$$

$$V_n'' = \int\limits_{P(n)}^{P(n+1)} \varphi(P)\left[1 - P_n\{P(n), P, P_{(n+1)}\}\right] dP \qquad (22)$$

Выход всего комплекса для аддитивных свойств (аддитивных выходов):

$$y_1^к = \sum_{n=1}^{N} y_1(n), \cdots$$

$$y_{l_n}^к = \sum_{n=1}^{N} y_{l_n}(n) \qquad (23)$$

где $y_1(n), \dots, y_{l_n}(n)$ – составляющие вектора выхода n-го элемента; l_n– число компонент вектора выхода n-го элемента; N – число элементов.

Целевая функция оптимизации

$$Ц = Ц\left(x_1^к, \dots, x_m^к; y_1^к, \right. \qquad (24)$$

где m и n – соответственно число входов и выходов комплекса.

Необходимо предусмотреть возможность учета следующих ограничений:

– часть параметров $\overline{P}_1^з, \overline{P}_2^з, \dots, \overline{P}_{N_з}^з$ заданы, где $N_з$ – число заданных параметров;

– требуется гарантирование значения некоторого j-го свойства n элемента;

$$y_n^j \le a^j(n); \qquad (25)$$

– затраты на разработку и эксплуатацию

$$З \le З_{доп}; \qquad (26)$$

– ресурс n-го элемента

$$V \le V_{доп}; \qquad (27)$$

– задана функция $P[P(n-1); P; P(n)]$ или известен вид этой функции и надо оптимизировать ее коэффициенты в случае, когда эта функция не оптимизируется совместно с оптимизацией параметров комплекса.

Математическая модель функционирования (20) – (23) совместно с целевой функцией (24) и дополнительными ограничениями (25) – (27) составляют статическую математическую модель оптимизации параллельных комплексов.

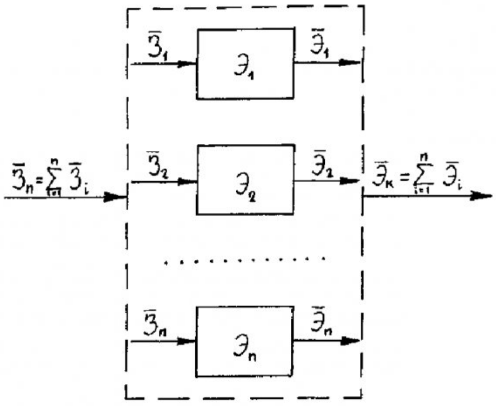

Рис. 4. Параллельный комплекс

Динамическая математическая модель оптимизации учитывает, что целевая функция и (или) хотя бы одно из ограничений зависит от времени.

Целевая функция должна составляться как функция от состояния комплекса в некоторый конечный момент времени t_1 или аргумента в виде интервала времени в пределах от $t=t_0$ до $t=t_1$.

В зависимости от конкретных условий в результате оптимизации должны определяться:

– оптимальное изменение параметров комплекса через определенные (заданные) интервалы времени;

– изменение параметров комплекса как функции времени в период от t_o до t_1.

В результате теоретических исследований, проведенных в работе, получены математические модели оптимизации последовательных и параллельных комплексов ОП, позволяющие осуществить как оптимизацию параметров качества ОП, так и оптимизацию процессов проектирования и сформировать задачи оптимизации этих моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Полетаев В.А.* Управление качеством подготовки специалистов / КузГТУ – Кемерово, 2002 – 88 с.

2. *Полетаев В.А.* Основы управления качеством функционирования машин. – Кемерово: Изд-во Кузбас. политехн. ин-та, 1993. – 234 с.

Авторы статьи:

Полетаев Вадим Алексеевич - докт. техн.наук, проф.,зав.каф. ИиАПС

Асанов Сергей Александрович -ст. преп. каф. ИиАПС