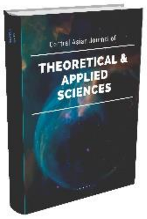


CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL AND APPLIED SCIENCES

Volume: 02 Issue: 05 | May 2021 ISSN: 2660-5317

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Ж.Ш.Беккулов

Каршинский инженерно-экономический институт

Ш.Ибрагимов

Кафедра «Автоматизация и управление технологическими процессами»

Аяпбергенов Раул Минарбай ули

Ташкентский государственный технический университет

Received 19th May 2021, Accepted 25th May 2021, Online 31th May 2021

Аннотация: *Добивайтесь наилучших результатов, используя возможности оптимизации параметров технологического процесса. Оптимизация заключается в поиске идеального решения проблемы проведения процесса в оптимальных условиях или выполнения оптимума рассматриваемой функции.*

Ключевые слова: *Периодических процессов, оптимальной, эффективности, графическое решение, круглые линии, математические методы.*

Введение

Постановка задачи об оптимальном управлении периодическим процессом осуществляется следующим образом. Требуется найти такие управляющее воздействие $u^*(t)$ и продолжительность цикла T^*, чтобы достигал максимального значения критерий имеющий смысл средней продуктивности аппарата за цикл.

$$I = \frac{1}{T+\theta}\left(\int_0^T f_0\,(x,u)\,dt - A\right) \to \max, \qquad (1)$$

В этом критерии f_0 - функция, определяющая текущую продуктивность процесса и учитывающая скорость образования полезного продукта, текущие потери и т.п.; A - потери, связанные с окончанием одного и началом следующего цикла (расходы на загрузку и выгрузку, регенерацию катализатора и т.п.); θ - потери времени, связанные с загрузкой и выгрузкой продукта. Переменные состояния x и управляющие воздействия u связаны друг с другом m условиями в форме дифференциальных уравнений

$$\dot{x}_j = f_j(x,u); \quad j = 1,m. \qquad (2)$$

Поставленная задача представляет собой вариационную задачу оптимального управления, для её решения могут быть использованы соответствующие методы.

Выбор оптимальной продолжительности цикла периодического процесса. Будем полагать, что тем или иным способом найдены законы изменения управляющих воздействий $u^0(t)$ и соответствующие им изменения переменных состояния $x^0(t)$ и требуется найти лишь оптимальную продолжительность процесса T*. Обозначим через φ(T) интеграл, стоящий в уравнении (3.103) и вычисленный при $x = x^0(t)$ и $u = u^0(t)$. Тогда

$$\varphi(T) = \int_0^T f_0(x^0(t), u^0(t))\,dt.$$

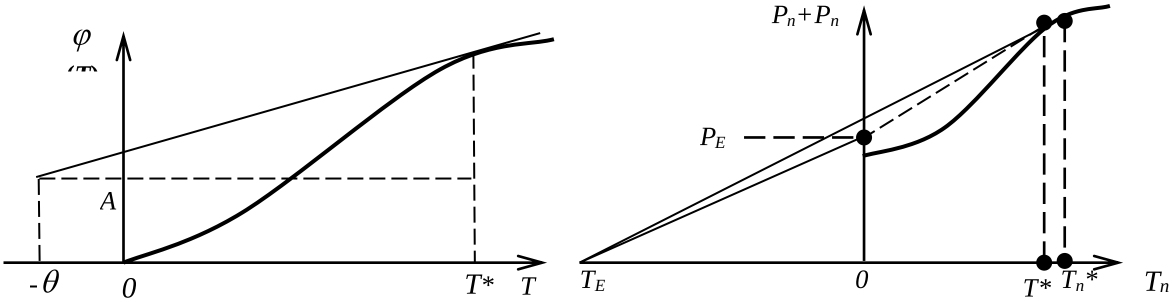
Будем считать функцию φ(T) известной (рис.1).

Тогда величина I соответствует тангенсу угла наклона к оси абсцисс прямой, проведённой из точки с координатами (-θ, A) в точку с координатами T, φ(T). Этот угол (а значит, и его тангенс) максимален, когда прямая касается кривой φ(T). Соответствующее точке касания значение $T=T^*$ является оптимальным моментом окончания процесса.

Если функция $f_0^0(t)=f_0(x^0,u^0)$ задана аналитически, то оптимальную продолжительность процесса T^* можно определить, исходя из того, что в точке касания производная функции φ(T) по T, т.е. f_0^0 (T) равна тангенсу угла наклона касательной, т.е. I(T). Таким образом, для определения T^* имеем:

$$\left(\frac{d\varphi}{dT}\right)_{T^*} = f_0^0(T^*) = \frac{1}{T^*+\theta}\left(\int_0^{T^*} f_0(x^0,u^0)\,dt - A\right) \qquad (3)$$

Уравнение (3) может иметь не одно решение, в этом случае нужно выбирать решение, при котором значение I больше.



Volume: 02 Issue: 05 | May2021, ISSN: 2660-5317

Рис. 1. Выбор оптимальной продолжительности периодического процесса.

Рис. 2. Расчет оптимальной продолжительности очередного цикла периодического процесса.

Выбор оптимальной продолжительности связанных друг с другом периодических процессов. В ряде случаев нельзя выбирать продолжительность периодического процесса Т, ориентируясь на максимальную эффективность единичного цикла, так как требуется учесть ещё эффективность циклов, связанных с рассматриваемым и проводимых в том же самом или в других аппаратах. Ниже рассмотрим варианты таких задач, обозначая через p(T) зависимость интегральной эффективности процесса от общего времени цикла T=T+θ:

$$p\ (\overline{T})\ =\ \int_0^{\overline{T}-\theta} f_0\ (x,u)\ dt\ -\ A$$

1. <u>Последовательность циклов в единичном аппарате</u>. В качестве критерия оптимальности для последовательности циклов естественно использовать продуктивность всей последовательности, получаемую как отношение общей стоимости продукта, произведенного за n циклов, к общей продолжительности этих циклов:

$$I^n\ =\ \sum_{i=1}^{n} p_i\,(\overline{T}_i\,)\Big/\sum_{i=1}^{n}\overline{T}_i\ . \qquad (4)$$

Если функции p_i одинаковы для всех циклов, задача сводится к ранее рассмотренной; однако часто нестабильность характеристик сырья приводит к разным зависимостям $p_I(\overline{T}_I)$ в каждом i-том цикле.

Пусть реализован (n-1) цикл и требуется найти оптимальную продолжительность текущего n – го цикла T_n^* . В этом случае критерий (4) удобно переписать в форме:

$$I^n\ =\ \frac{p_\Sigma\ +\ p_n\ (\overline{T}_n^{\bullet})}{\overline{T}_\Sigma\ +\ \overline{T}_n}\ \rightarrow\ \max,+ \qquad (5)$$

где

$$p_\Sigma\ =\ \sum_{i=1}^{n-1}\ p_i\ \ (\overline{T}_i); \qquad \overline{T}_\Sigma\ =\ \sum_{i=1}^{n-1}\ \overline{T}_i\,.$$

Этот критерий имеет ту же форму, что и критерий выбора продолжительности единичного цикла. Графическое решение задачи (5) показано на рис. 2.

Оптимальному времени T_n^* соответствует точка касания прямой, проведенной из точки T_Z на оси абсцисс к кривой p_Z + p_n ($\overline{T}_n$). Отношение p_Z/ T_Z представляет собой среднюю эффективность аппарата за все циклы, предшествующие рассматриваемому. Если бы $\overline{T}_n^{\bullet}$ находили из условия максимальной эффективности только одного n-го цикла, для его определения нужно было бы провести касательную к кривой $p_Z + p_n(T_n)$ из точки p_Z на оси ординат (пунктир на рис. 2). Очевидно, что если наклон этой касательной (т.е. индивидуальная оптимальная эффективность n –го цикла) окажется меньше средней эффективности предыдущих циклов, то длительность $\overline{T}_n^{\bullet}$ цикла, найденная по критерию, окажется меньше, чем $\overline{T}^{\bullet}$. Это естественно, так как " удачный" цикл надо проводить дольше, а "неудачный" прекратить раньше, чем при индивидуальном проведении.

Условия оптимальности критерия I^N по величине $\overline{T}_n$ имеют вид

$$\left(\frac{d\,p_N}{d\,\overline{T}_N}\right)_{\overline{T}_N^*} = \frac{\sum\limits_{I=1}^{N-1} p_I + p_N(\overline{T}_N^{\circ})}{\sum\limits_{I=1}^{N-1} \overline{T}_I + \overline{T}_N^*}$$

и могут быть использованы для оперативного управления продолжительностью периодических процессов

2. <u>Работа группы аппаратов на общий слив.</u> На рис. 3 показана группа аппаратов периодического действия, объединённых общим сливом. При этом продолжительность операции выгрузки продукта τ задано и нельзя одновременно проводить выгрузку двух и более аппаратов. Поэтому моменты окончания циклов аппаратов должны отличаться не менее чем на τ.

Пусть известна зависимость эффективности каждого аппарата от продолжительности текущего цикла, а также моменты начала циклов в каждом из m аппаратов. Обозначая момент начала цикла в ν-ом аппарате через t_ν, а прдолжительность цикла через T_ν, приходим к задаче о максимуме суммарной эффективности

$$I = \sum_{\nu=1}^{m} I_\nu(\overline{T}_\nu) \tag{6}$$

системы при условии, что для любых двух аппаратов время окончания циклов различается не менее чем на τ :

$$\left| t_\nu - t_J + \overline{T}_\nu - \overline{T}_J \right| \geq \tau \qquad \nu \neq j; \quad \nu, j = (\overline{1}, \overline{m}). \tag{7}$$

Задача (6), (7) представляют собой задачи нелинейного программирования. Аналогичная ситуация возникает и при работе аппаратов, требующих периодической регенерации, когда процесс регенерации можно проводить лишь в одном из них.

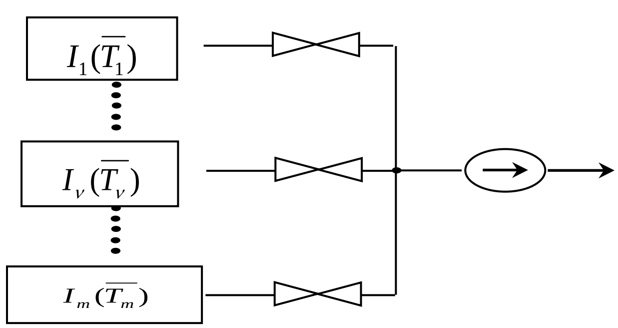


Рис. 3. Система периодических аппаратов с общим сливом.

3. Работа группы аппаратов с общим временем цикла. Пусть имеется система аппаратов, для которых по условиям производства продолжительность цикла должна быть одинакова. Будем считать, что известна зависимость продуктивности $p_I(\overline{T}_I)$ каждого аппарата от длительности его работы и зависимость продуктивности всей системы от функций p_I, т.е.

$p_C(\overline{T}) = p_C\,(p_1(\overline{T}), p_2(\overline{T}), ..., p_m\,(\overline{T}))$.

Значение общего времени цикла выбирают из условия

$I = p_c(T)\,/\,T \quad \to \quad \max$,

что, как легко видеть, приводит к уравнению

$$\sum_{\nu=1}^{m} \frac{\partial p_C}{\partial p_\nu} \left(\frac{d\,p_\nu}{d\,\overline{T}}\right)_{\overline{T}^*} = \frac{p\,(\overline{T}^*)}{\overline{T}^*}.$$

Согласование работы периодических и непрерывно действующих аппаратов. При наличии в одной технологической схеме периодических аппаратов и аппаратов непрерывного действия возникает задача согласования их работы таким образом, чтобы минимизировать объёмы буферных ёмкостей и в минимальной степени нарушить режим аппаратов непрерывного действия при изменении производительности периодических аппаратов.

Пусть имеется несколько аппаратов периодического действия, работающих на общую сеть. Производительность каждого из них меняется по определённому закону $f_i\,(t - \tau_i)$, в котором τ_I – время сдвига начала цикла i- ого аппарата по отношению к началу цикла нулевого аппарата, так что $\tau_0 = 0$. Будем полагать, что найден общий период T для всех аппаратов, и функции f_I дифференцируемы. Требуется так выбрать сдвиги τ_i, чтобы расход в общей магистрали оказался возможно ближе к среднему значению. В качестве оценки для пульсаций суммарного расхода $p(t,\tau) = \sum_{I=0}^{N} f_I\,(t-\tau_I)$ примем величину

$$I = \int_0^T (p\,(t,\,\tau) - M)^2\,dt \;\to\; \min \qquad (8)$$

Очевидно, что средний расход M не зависит от вектора сдвигов τ и может быть найден как

$$M = \sum_{I=0}^{N} \frac{1}{T} \int_0^T f_I\,(t)\,dt.$$

Условия оптимальности функционала (3.52) по τ имеют вид:

$$\frac{\partial I}{\partial \tau_I} = 0; \quad i = \overline{1,\,N},$$

или иначе

$$\int_0^T [\, p(t,\tau) - M\,] \frac{\partial p}{\partial \tau_I}\, dt = \int_0^T p\, \dot{f}_I\, (t-\tau_I)\, dt - M \int_0^T \dot{f}_I\, dt = 0. \qquad (9)$$

Здесь учтено, что $p = \sum_{I=0}^{N} f_I$, а значит $\frac{d\,p}{d\,\tau_I} = -\,\dot{f}_I\, (t-\tau_I)$. Но интеграл от производной периодической функции, вычисленный за период T, равен нулю, и уравнения (9) примут вид :

$$\int_0^T \dot{f}_i\, (t - \tau_i) \sum_{\nu=0}^{N} f_\nu\, (t-\tau_i)\, dt = 0; \qquad i = 1, N \qquad (10)$$

Из суммы можно исключить i –ое слагаемое, так как

$$\int_0^T \dot{f}_i\, f_i\, dt = \frac{1}{2} \int_0^T \frac{d}{dt} (f_i^2)\, dt = 0$$

Условия оптимальности примут форму N нелинейных уравнений

$$\int_0^T \dot{f}_i\, (t-\tau_i) \sum_{\nu=0, \nu \neq i}^{N} f_\nu\, (t-\tau_\nu)\, dt = 0; \qquad i = 1,\ N.$$

относительно N неизвестных $\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_N$.

Оптимизация означает достижение наилучших результатов, используя предоставленные возможности. Оптимизация решает задачу проведения процесса в оптимальных условиях или выполнения оптимума рассматриваемой функции.

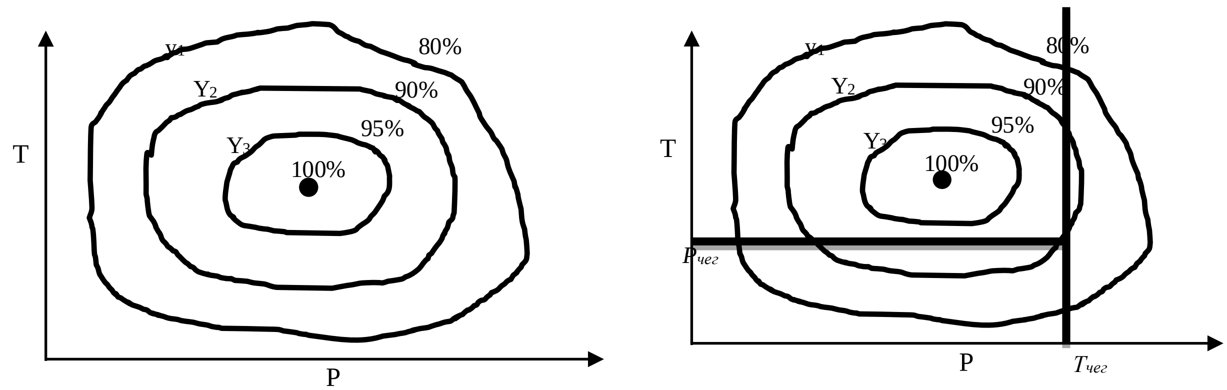
Прежде чем оценивать оптимум, необходимо определить критерии оптимизации. Технологические критерии могут быть получены как критерии оптимизации в зависимости от определенных условий. Это могут быть такие вопросы, как максимальное размещение продукта на единицу объема устройства, или достижение максимального качества с использованием данного сырья, или минимизация потребления энергии при производстве данного количества продукта. Экономическими критериями являются снижение стоимости продукта при сохранении качества продукта, минимальный расход сырья на производство одной единицы.

Целевая функция или функция выгоды формируется на основе выбранного критерия оптимизации. Эта функция зависит от параметров, влияющих на ее значения. При оптимизации решается задача нахождения экстремума этой функции (нахождения максимума или минимума функции).

При этом следует иметь в виду, что при решении задачи оптимизации всегда должны быть задействованы два и более параметра, и изменение этих параметров должно противопоставляться друг другу. Это решает проблему компромисса для улучшения результата. Например, эффективность процесса может находиться в равновесии с производственной мощностью; качество продукта находится в равновесии с количеством продукта; единица запаса товара против его продажи; а производственные мощности сбалансированы с расходами на потребление. В автоматизированных процессах или системах различают два этапа оптимизации: статический и динамический.

Статическая оптимизация решает задачу поиска и реализации стационарного оптимального решения процесса. С другой стороны, динамическая оптимизация решает проблему создания и внедрения оптимальной системы оптимального управления процессами.

Математические методы оптимизации различаются по характеристикам рассматриваемых математических моделей. Большинство из них заключается в нахождении максимума или минимума функции. линия на границе, где целевая функция поддерживает постоянные значения, называется контурной линией или градусной линией. На рис. 1а показан слой отклонений, представляющий зависимость выхода продукта от температуры и давления.



а) б)

Рис.4. График слоя отклонений, представляющий зависимость выхода продукта от температуры и давления.

Круглые линии представляют выход продукта при различных давлениях и температурах..

Использованная литература:

1. Алпатов Б.А., Фельдман А.Б., Фоломеев П.В. Адаптация скорости обновления эталона в алгоритме измерения координат объекта на видеоизображениях // Космонавтика. Радиоэлектроника. Геоинформатика: 6-я Междунар. науч – техн. конф. – Рязань, 2013. – С.262-263

2. 2.Беккулов Ж.Ш, Ибрагимов Б.Ш, Эшонкулов MATHEMATICAL MODEL OF THE TRAJECTORY OF MOVING CONTROL OBJECTS.Интернаука принятф к пуликации в сборнике статей XLVIII международной научно-практической конференции “Техническиэ науки:проблемы и решения”/.
3. 5.Здорова А. А., Малышенко А.М. Анализ эффективности алгоритмов автоматической настройки адаптивных промышленных ПИД - регуляторов //Известия Томского политехнического университета. - 2011. - Т. 318, №5. - С. 110-115.

4. 6.Штейнберг Ш.Е., Сережин Л.П., Залуцкий И.Е. Проблемы создания и эксплуатации эффективных систем регулирования //Промышленные АСУ и контроллеры. - 2004. - № 7. -С. 1-7.

