

УДК 65.012

DOI: [10.26102/2310-6018/2020.29.2.003](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.29.2.003)

Модели для определения моментов контроля в многоуровневых организационных системах

А.В. Потудинский¹, А.П. Преображенский²

¹ВУНЦ ВВС «ВВА» Академия Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина,
Воронеж, Российская Федерация

²Воронежский институт высоких технологий,
Воронеж, Российская Федерация

Аннотация: Контроль процессов в организационных системах - это деятельность, направленная на выполнение задач (планов, выполнение заказов) по всему перечню процессов системы. Для выполнения этой задачи руководство должно своевременно оценивать выполнение программы, следить за тенденцией исполнителей отклоняться от плановой нормы и направлять имеющиеся в его распоряжении ресурсы на устранение этих отклонений. Во многих областях подсчет количества промежуточных и финальных результатов автоматизирован, и персонал может в любое время знать цифры, характеризующие ход выполнения. Однако в таких областях, как строительство, высокие технологии и некоторые другие, довольно трудно оценить, как осуществляется программа. Каждая операция по показу фактического выполнения программы и контролю сроков по каждому виду результатов требует проведения полного мониторинга. Это дорогостоящая операция, часто требующая приостановки процесса. Поэтому желательно, чтобы это делалось как можно реже, но при этом не упускался момент, когда тенденция к отклонению перерастет в угрозу выполнению программы. Рассмотрен процесс управления работой организационной системы одноцелевого типа, объем программы которой выражается в виде общего эквивалента - в единицах выпуска (задачах) или в себестоимости. Для программ, решающих несколько важных видов задач, необходимо одновременно проводить контроль по каждому виду задач.

Ключевые слова: момент контроля, организационная систем, выполнение программы, моделирование, одноцелевой тип

Для цитирования: Потудинский А.В., Преображенский А.П. Разработка концептуальной модели оперативно-аналитических витрин данных. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2020;8(2). Доступно по: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/PotudinskyPreobrazhensky_2_20_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.003

Models for defining control moments in multi-level organizational systems

A.V. Potudinsky¹, A.P. Preobrazhensky²

¹Military Training and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarina ", Voronezh, Russian Federation

²Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation

Abstract: Process control in organizational systems is an activity aimed at fulfilling tasks (plans, fulfilling orders) throughout the list of system processes. To accomplish this task, management must timely evaluate the implementation of the program, monitor the tendency of performers to deviate from the planned norm and direct the resources at its disposal to eliminate these deviations. In many areas, the calculation of the number of intermediate and final results is automated, and staff can at any time know the numbers that characterize the progress. However, in areas such as construction, high

technology and some others, it is rather difficult to evaluate how the program is implemented. Each operation to show the actual implementation of the program and control the timing of each type of result requires full monitoring. This is an expensive operation, often requiring a suspension of the process. Therefore, it is desirable that this be done as rarely as possible, but at the same time, the moment should not be missed when the tendency to deviation will develop into a threat to the program. The process of managing the work of an organizational system of a single-purpose type is considered, the volume of the program of which is expressed as a general equivalent - in units of output (tasks) or in cost. For programs that solve several important types of tasks, it is necessary to simultaneously monitor each type of task.

Keywords: control moment, organizational systems, program execution, modeling, single-purpose type

For citation: Potudinsky A.V., Preobrazhensky A.P. Models for defining control moments in multi-level organizational systems. *Modeling, optimization and information technology*. 2020;8(2).

Available from: [https://moit.vivt.ru/wp-](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/PotudinskyPreobrazhensky_2_20_1.pdf)

[content/uploads/2020/05/PotudinskyPreobrazhensky_2_20_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/PotudinskyPreobrazhensky_2_20_1.pdf) DOI: 10.26102/2310-

6018/2020.29.2.003 (In Russ).

Введение

Контроль процессов в организационных системах - это деятельность, направленная на выполнение задач (планов, выполнение заказов) по всему перечню процессов системы. Для выполнения этой задачи руководство должно своевременно оценивать выполнение программы, следить за тенденцией исполнителей отклоняться от плановой нормы и направлять имеющиеся в его распоряжении ресурсы на устранение этих отклонений.

Во многих областях подсчет количества промежуточных и финальных результатов автоматизирован, и персонал может в любое время знать цифры, характеризующие ход выполнения. Однако в таких областях, как строительство, высокие технологии и некоторые другие, довольно трудно оценить, как осуществляется программа.

Каждая операция по показу фактического выполнения программы и контролю сроков по каждому виду результатов требует проведения полного мониторинга. Это дорогостоящая операция, часто требующая приостановки процесса. Поэтому желательно, чтобы это делалось как можно реже, но при этом не упускался момент, когда тенденция к отклонению перерастет в угрозу выполнению программы.

Рассмотрим процесс управления работой организационной системы S одноцелевого типа, объем программы которой выражается в виде общего эквивалента - в единицах выпуска (задачах) или в себестоимости. Для программ, решающих несколько важных видов задач, необходимо одновременно проводить контроль по каждому виду задач.

Функциональная зависимость хода выполнения программы $V_{pl}(R, t)$ от времени t является траекторией планирования, удовлетворяющей $V_{pl}(R, T_{pl}) = V_{pl}$.

В рамках горизонта планирования при продвижении к цели необходимо затем сравнить истинные (фактические) значения $V_f(R, t_i)$ - случайные величины - с теми, которые рассчитываются для планируемой траектории $V_{pl}(R, t_i)$ в определенные моменты времени t_i . Последние должны быть определены заранее. Соответствующие управляющие воздействия, таким образом, гарантируют, что система достигнет своей цели в заранее установленный срок T_{pl} .

Планируемая траектория $T_{pl}(R, t)$ соответствует определенной временной оценке продолжительности этого момента T_{pl} . Кроме того, в процессе проверки работы системы необходимо использовать переменные $V_{opt}(R, t)$, $V_{pes}(R, t)$, и $V_f(R, t)$. Заметим, что фактически все эти траектории реализуются при случайных возмущениях и определяются на основе средних значений.

Определение моментов контроля

Рассмотрим метод определения точек контроля [1, 2] с использованием основных характеристик системы V_{pl} , T_{pl} , T_I , T_{II} . Назовем эту процедуру Стратегией I (рисунок 1). Во-первых, сдвигаем траекторию $V_{opt}(R, t)$ параллельно себе таким образом, чтобы конец траектории совпадал с точкой $(V_{pl}; T_{pl})$. Отныне эта смещенная траектория будет обозначаться символом $V_{opt}(R, t - T_{pl} + T_I) = V^*(R, t)$. На пересечении оси абсцисс и линии $V^*(R, t)$ получаем точку t_1 . Нетрудно заметить, что даже если система в данный момент t_1 вообще не функционировала и не продвинулась к своей цели (другими словами $V_f(R, t_1) = 0$), все еще существует вероятность, отличная от нуля, что начиная с момента времени t_1 и используя внешние возможности функциональной части системы, все еще можно достичь цели в данный момент T_{pl} . Таким образом, момент t_1 можно рассматривать как предельно допустимое время для первого контроля системы. Физически это состоит в следующем:

Если первый контроль проводится позже времени t_1 и выявляет наличие неблагоприятной ситуации в системе, поскольку наибольшая скорость продвижения системы к цели определяется траекторией $V_{opt}(R, t)$, то срок выполнения T_{pl} ни при каких обстоятельствах не может быть гарантирован.

Хорошо известно, что выражение для оценки времени t_1 первого контроля системы выглядит следующим образом:

$$t_1 = T_{pl} - T_I. \quad (1)$$

Таким образом, для того чтобы гарантировать, что система достигнет цели к установленному сроку T_{pl} , первый контроль должен быть произведен в определенный момент времени в пределах промежутка $0 = t_0 < t \leq t_1$. По достижении заданного времени t_1 и произведя контроль, система получает информацию о динамике хода выполнения программы путем сравнения значений $V_f(R, t_1)$ и $V_{pl}(R, t_1)$.

На основании полученной информации, если она показывает отклонение между планом и фактическим ходом процесса, то для устранения этого отклонения должны быть инициированы локальные или параметрические управляющие воздействия. Далее, проведя прямую через точку $(t_1, V_f(R, t_1))$ параллельно к абсциссе до ее пересечения со смещенной кривой $V^*(R, t)$, получаем точку с абсциссой t_2 , определяя, согласно представленным причинам, предельное значение для второго момента контроля системы.

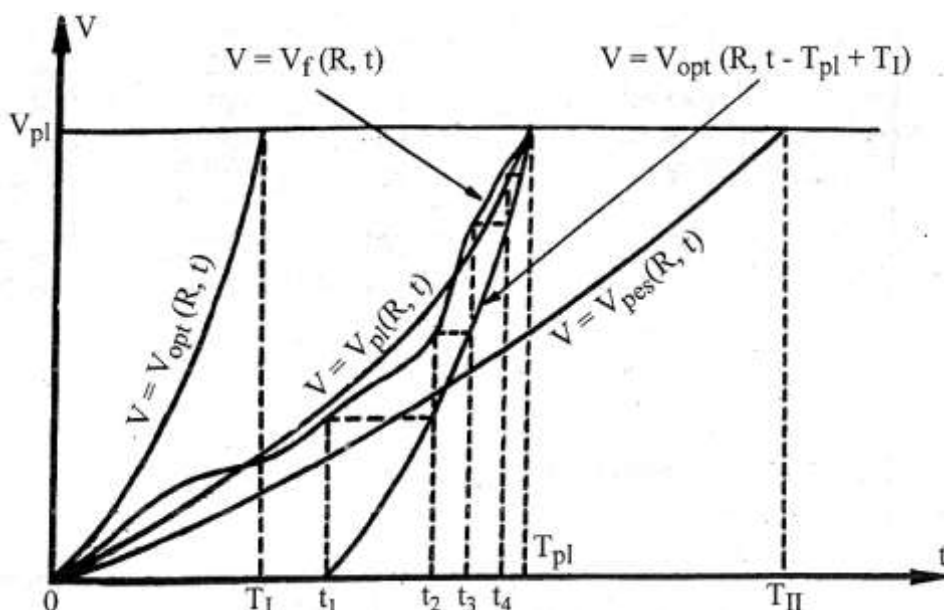


Рисунок 1. Получение моментов контроля по стратегии I
 Figure 1. Obtaining control moments on strategy I

Аналогично определяются и следующие моменты контроля. Если для значения $V_f(R, t_i)$, $t_i \geq t_1$, выражение

$$V_f(R, t_i) > V_{opt}(R, t_i - T_{pl} + T_I), \quad (2)$$

выполнено, следующий $(i + 1)$ -й момент контроля определяется решением уравнения

$$V_f(R, t_i) = V_{opt}(R, t_{i+1} - T_{pl} + T_I) \quad (3)$$

Описанный метод может иметь несколько модификаций. В частности, момент первой проверки системы может быть определен на основе Стратегии II (рисунок 2) и выражения

$$V_{pes}(R, t_1) = V_{opt}(R, t_1 - T_{pl} + T_I) \quad (4)$$

В общем случае можно допустить не совсем очевидное предположение, что скорость продвижения системы к цели ни при каких обстоятельствах не может быть меньше пессимистической. Точно так же формируются следующие моменты контроля t_i , $i > 1$, используя выражение

$$V_{pes}(R, t_{i+1}) + V_f(R, t_i) - V_{pes}(R, t_i) = V_{opt}(R, t_{i+1} - T_{pl} + T_I) \quad (2)$$

Таким образом, среди описанных выше методов определения моментов контроля можно выделить два методологических подхода. Во-первых, при наихудших обстоятельствах система не будет увеличивать объем уже достигнутой программы, т.е. она быстро продвигается к своей цели со скоростью $\frac{dV}{dt} = 0$. Однако при принятии второго подхода система в аналогичной ситуации продолжает продвигаться к своей цели, сохраняя при этом пессимистическую траекторию $V_{pes}(R, t)$; система функционирует с минимальной скоростью.

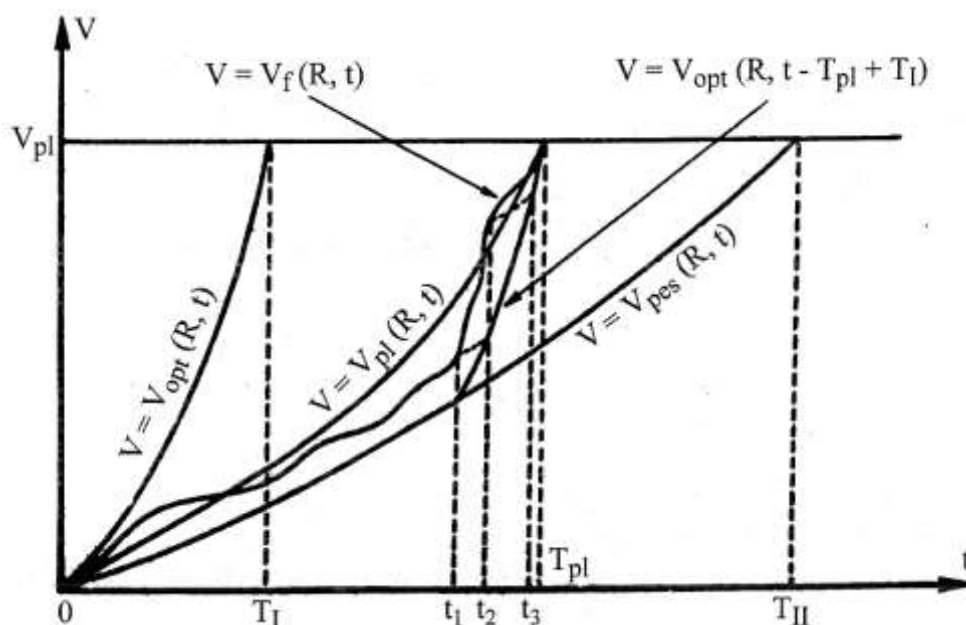


Рисунок 2. Получение моментов контроля по стратегии II
 Figure 2. Obtaining control moments on strategy I

Между этими двумя крайними подходами могут существовать промежуточные, а именно: для определения моментов t_i , $i = 1, 2, \dots$ можно предложить следующий метод. Обозначим t_i^* и t_i^{**} , $i = 1, 2, \dots$, соответственно, для моментов проверки системы, полученных путем применения выражений (2)-(3) или (4)-(5) соответственно. Заметим, что обычно выполняется неравенство $t_i^{**} > t_i^*$, и число моментов проверки при использовании первого из методов превышает число при применении выражений (4)-(5), как будет показано ниже.

В этих условиях значения моментов контроля были бы оценены путем применения выражения

$$t_i = \alpha t_i^* + (1 - \alpha) t_i^{**} \quad (6)$$

где α - значение либо случайной величины, равномерно распределенной в интервале $[0, 1]$, либо установленное экспертами как удельный вес одной из стратегий.

Наряду с этим может быть использован принципиально иной подход, основанный на том, что при каждом плановом контроле стратегия I выбирается с вероятностью α , а стратегия II - с вероятностью $(1 - \alpha)$. Заметим, что в принципе можно использовать элементы адаптации в процессе выполнения такого метода, причем расчет α производится в зависимости от порядкового номера проверки i , $\alpha = \alpha_i$, где $0 < \alpha_i < 1$.

Стратегия определения моментов контроля для системы - это не более и не менее как результат применения принципа рандомизации к процедуре контроля, подобно рандомизации правил предпочтения в теории планирования [3]. Осуществляется своего рода имитация эвристического действия опытного диспетчера, проверяющего работу системы, с правом вмешательства в ход процесса.

Также перспективным является синтез методов прогнозирования и моделирования при различной интенсивности, который заключается в следующем:

Оценку рутинного момента контроля можно определить следующим образом:

$$t_{i+1} = \sum_{k=1}^4 \beta_k \cdot t_{i+1,k} \quad (7)$$

где $t_{i+1,1}$ - корень уравнения (3);

$t_{i+1,2}$ - корень уравнения (5);

$t_{i+1,3}$ - корень уравнения

$$V_{opt}(R, t_{i+1,3} - T_{pl} + T_l) = F(R, t_{i+1,3}) \quad (8)$$

где $F(R, t)$ - экстраполяционный полином, построенный на основе динамических рядов $F(R, t_1), \dots, F(R, t_i)$ в точках t_1, \dots, t_i ; и

t_1, \dots, t_i - корень уравнения

$$V_{opt}(R, t_{i+1,4} - T_{pl} + T_l) = V_f(R, t_i) + (t_{i+1,4} - t_i) \cdot \frac{1}{T_{pl}} V_{pl}(R, T_{pl}) \quad (9)$$

Уравнение (9) используется в предположении, что в течение периода $[t_i, T_{pl}]$

система S будет функционировать с запланированной интенсивностью.

Что касается весовых коэффициентов β_k , $k = 1, \dots, 4$, то они определяются либо экспериментально, либо путем нормализации значений случайной величины γ_k , равномерно распределенной в интервале $[0, 1]$.

Основным недостатком описанных выше методов является то, что они не используют статистическую информацию, накопленную в процессе моделирования работы системы.

Реальная траектория движения системы к цели $V_f(R, t)$ носит случайный характер. Таким образом, в зависимости от фактической формы и формы траектории один и тот же объем V_{pl} программы может быть произведен в течение некоторого интервала фактического времени $[t_0, T_f]$. Здесь можно выделить три различных случая:

1. Случай $T_{pl} < T_f$ возникает когда:

- система неуправляема; очевидно, что для такой системы нет никакого смысла в процедуре контроля;

- когда даже если система контролируется, условие $T_f \leq T_{pl}$ не гарантируется. В этом случае на каком-то этапе инспекционного процесса обязательно попадем на смещенную траекторию $V^*(R, t)$. Поскольку вероятность строгого движения системы по траектории $V^*(R, t)$ любой длины невелика, задача блока управления в этой ситуации сводится к обеспечению наименьшего запаздывания в полном объеме выполнения запланированного к сроку объема программы T_{pl} .

2. При соблюдении неравенства $T_l < T_f < T_{pl}$, очевидно, требуется конкретное число шагов для контроля системы, чтобы проверить ее продвижение к цели.

3. Наконец, когда $T_f = T_{pl}$, последовательность всех точек контроля имеет предел сходимости T_{pl} , и процесс приближения происходит, строго говоря, в бесконечное число

шагов. Однако, поскольку практика обычно требует достижения заданного значения V_{pl} к предельному сроку T_{pl} только с заданной точностью $T_{pl} \pm \Delta T_{pl}$, задача в этом случае сводится к попаданию в область $[T_{pl} - \Delta T_{pl}, T_{pl} + \Delta T_{pl}]$, которая будет достигнута, в отличие от сходимости к T_{pl} , за конечное число шагов контроля системы.

Необходимо иметь в виду то обстоятельство, что при выполнении локальных управляющих воздействий в моменты контроля t_i скорость движения системы к своей цели может изменяться. Тогда ситуацию можно проиллюстрировать на рисунке 3 для достаточно распространенного случая, когда траектории $V_{opt}(R, t)$ и $V_{pes}(R, t)$ задаются в виде прямых линий.

Предположим, что траектории $V_{opt}(R, t)$ и $V_{pes}(R, t)$ являются следующими:

$$\begin{cases} V_{opt}(R, t) = tg \nu \cdot t \\ tg \nu = V_{pl} / T_I \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} V_{pes}(R, t) = tg \varphi \cdot t \\ tg \varphi = V_{pl} / T_{II} \end{cases} \quad (11)$$

Обозначим как среднюю скорость:

$$tg \alpha_i = \frac{V_{pl}(R, T_{pl}) - V_f(R, t_i)}{T_{pl} - t_i} \quad (12)$$

с которой необходимо двигаться, начиная с момента t_i , чтобы завершить программу к моменту T_{pl} .

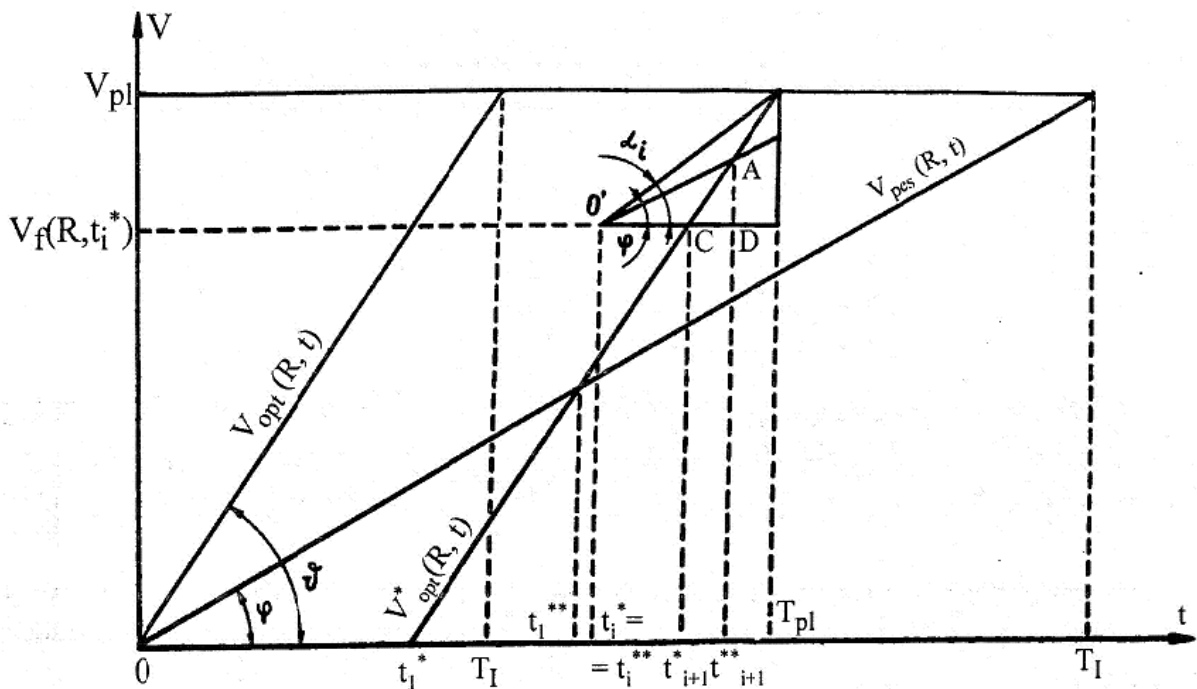


Рисунок 3. Модифицированный алгоритм определения моментов контроля
 Figure 3. Modified moments control algorithm

Используя выражения (2)-(3), (10), (12), получаем для случая прямолинейной зависимости

$$t_{i+1}^* = T_{pl} - (T_{pl} - t_i^*) \frac{tg \alpha_i}{tg v} \quad (13)$$

Применяя рекуррентное выражение (13) $(i-1)$ раз, можно получить следующее выражение для предельного момента контроля

$$t_{i+1}^* = T_{pl} - (T_{pl} - t_1^*) \frac{\prod_{k=1}^i tg \alpha_k}{(tg v)^i} \quad (14)$$

Реализация (14) существенно зависит от самого раннего времени достижения цели $T_l = T_{pl} - t_1^*$ и от соответствующей максимальной средней скорости продвижения к цели

$$tg v = v_{opt} = \frac{V_{pl}}{T_l}.$$

Определение предельных моментов контроля

Определим предельные моменты контроля с помощью выражения (11). Рассмотрение треугольника CAD на рис. 3 показывает, что

$$\Delta V(t_{i+1}^{**}) = (t_{i+1}^{**} - t_{i+1}^*) \cdot tg v \quad (15)$$

в то время как изучение треугольника $O'AD$ приводит к

$$\Delta V(t_{i+1}^{**}) = (t_{i+1}^* - t_i^*) \cdot tg \varphi \quad (16)$$

Приравнивая правые части этих выражений и делая простые преобразования, получаем

$$t_{i+1}^{**} = \frac{t_{i+1}^* \cdot \frac{tg v}{tg \varphi} - t_i^*}{\frac{tg v}{tg \varphi} - 1} \quad (17)$$

где t_{i+1}^* - предельное значение $(i+1)$ -го момента контроля для случая нулевого значения нижней границы скорости выполнения программы (Стратегия I); t_i^* - момент i -го контроля, полученный при тех же допущениях, как и t_{i+1}^* . Символ t_{i+1}^{**} обозначает предельное значение $(i+1)$ -го момента контроля для случая нижней границы v_{pes} скорости системы при движении к цели (Стратегия II), а значения $tg v$ и $tg \varphi$ определяются с помощью выражений (10)-(11).

Преобразуя (17), получаем следующую оценку предельного момента контроля системы:

$$t_{i+1}^{**} = \frac{tg v - tg \alpha_i}{tg v - tg \varphi} \cdot T_{pl} + \frac{tg \alpha_i - tg \varphi}{tg v - tg \varphi} \cdot t_i^{**} \quad (18)$$

Определение количества моментов контроля

Рассмотрим число моментов контроля системы S , которое должно быть получено для случая выражений (10) и $V_{pl}(R, t) = \frac{V_{pl}}{T_{pl}} \cdot t$ с заранее заданными значениями T_{pl} и

$V_{pl}(R, T_{pl}) = V_{pl}$. Предположим, что фактический ход движения системы к цели совпадает с запланированным, и в процессе оптимизации частоты запросов применяем стратегию I. Известно [4], что в этих условиях выражение для определения $(i+1)$ -го предельного момента контроля будет следующим:

$$t_{i+1}^* = t_1^* + \frac{V_f(R, t_i^*)}{V_{pl}} \cdot (T_{pl} - t_1^*) \quad (19)$$

где $V_f(R, t_i^*) = V_{pl}(R, t_i^*)$ представляет собой фактическое состояние системы S в момент времени t_i^* , t_1^* , являющийся первой предельной точкой контроля. Принимая во внимание очевидное выражение

$$\frac{V_f(R, t_i^*)}{V_{pl}} = \frac{t_i^*}{T_{pl}} \quad (20)$$

можно преобразовать (19) в

$$t_{i+1}^* = t_1^* + \left(1 - \frac{t_1^*}{T_{pl}}\right) \cdot t_i^* \quad (21)$$

С помощью последнего выражения можно легко получить выражение для значения $(i+1)$ -го момента контроля:

$$t_{i+1}^* - t_i^* = \left(1 - \frac{t_1^*}{T_{pl}}\right) \cdot (t_i^* - t_{i-1}^*) \quad (22)$$

Последнее выражение может быть также записано как

$$t_{i+1}^* - t_i^* = \left[1 - \frac{t_1^*}{T_{pl}}\right]^i \cdot t_1^* \quad (23)$$

Далее, с учетом равенства

$$\sum_{i=0}^{\infty} (t_{i+1}^* - t_i^*) = T_{pl}$$

преобразуем (23) в

$$T_{pl} = \sum_{i=0}^{\infty} \left[1 - \frac{t_1^*}{T_{pl}}\right]^i \cdot t_1^* \quad (24)$$

Так как $t_1^* < T_{pl}$, легко видеть, что правая часть (24) является сходящимся рядом. Теперь представляя рассматриваемое равенство как

$$T_{pl} = t_1^* \cdot \sum_{i=0}^n \left[1 - \frac{t_1^*}{T_{pl}}\right]^i + t_1^* \cdot \sum_{i=n+1}^{\infty} \left[1 - \frac{t_1^*}{T_{pl}}\right]^i, \quad (25)$$

можем получить значение

$$Q_n = t_1^* \cdot \sum_{i=n+1}^{\infty} \left[1 - \frac{t_1^*}{T_{pl}}\right]^i, \quad (26)$$

представляющее собой остаток рассматриваемого сходящегося ряда. Заметим, что погрешность учета ΔT_{pl} при выполнении программы является параметром,

ограничивающим величину остатка Q_n , и $Q_n \leq \Delta T_{pl}$.

Учитывая некоторую верхнюю границу Q_n , равную ΔT_{pl} , можно рассчитать соответствующее число точек контроля n . Перепишем (25) как

$$T_{pl} = t_1^* + t_1^* \cdot \sum_{i=0}^n \left[1 - \frac{t_1^*}{T_{pl}} \right]^i + \Delta T_{pl} \quad (27)$$

и заметим, что выражение под знаком суммы в правой части равенства фактически представляет собой сумму убывающей геометрической прогрессии. Поэтому последнее выражение можно переписать следующим образом

$$t_1^* \cdot \sum_{i=0}^n \left[1 - \frac{t_1^*}{T_{pl}} \right]^i = T_{pl} \cdot \left\{ \left[1 - \frac{t_1^*}{T_{pl}} \right] - \left[1 - \frac{t_1^*}{T_{pl}} \right]^{n+1} \right\}.$$

Подставляя последнее выражение в (27) и реализуя простые преобразования, получаем выражение

$$\frac{\Delta T_{pl}}{T_{pl}} = \left[1 - \frac{t_1^*}{T_{pl}} \right]^{n+1} \quad (28)$$

откуда

$$n = \frac{\ln \frac{\Delta T_{pl}}{T_{pl}}}{\ln \left[1 - \frac{t_1^*}{T_{pl}} \right]} - 1 \quad (29)$$

Принимая во внимание тот факт, что $T_{pl} - t_1^* = T_I$ самый ранний момент для достижения системой поставленной цели, конечное выражение для определения количества точек контроля, необходимых для проверки продвижения системы с параметрами T_{pl} , T_I , ΔT_{pl} , сводится к следующему:

$$n = \frac{\ln \frac{\Delta T_{pl}}{T_I}}{\ln \frac{T_I}{T_{pl}}} \quad (30)$$

Чтобы получить вышеприведенную оценку, предположим, что значения T_I , T_{II} , T_{pl} , ΔT_{pl} являются неизменными и детерминированными. Однако, когда функционируют реальные системы, на эти значения может влиять большое количество случайных воздействий. Они могут быть исправлены и обычно подвергаются чередованию в моменты контроля. Более того, за счет реализации параметрических управляющих воздействий значения T_I , T_{II} , T_{pl} , ΔT_{pl} , а в некоторых случаях V_{pl} тоже могут изменяться, что, в свою очередь, приводит к корректировке соответствующего момента контроля t_i для системы S .

Заключение

1. Рассмотрен процесс управления работой организационной системы одноцелевого типа, объем программы которой выражается в виде общего эквивалента -

в единицах выпуска (задачах) или в себестоимости. Для программ, решающих несколько важных видов задач, необходимо одновременно проводить контроль по каждому виду задач.

2. Предложен метод определения точек контроля с использованием основных характеристик системы (Стратегия I). Для того чтобы гарантировать, что система достигнет цели к установленному сроку, первый контроль должен быть произведен в определенный момент времени. По достижении заданного времени и произведя контроль, система получает информацию о динамике хода выполнения программы путем сравнения значений теоретических и контрольных значений параметров. На основании полученной информации, если она показывает отклонение между планом и фактическим ходом процесса, то для устранения этого отклонения должны быть инициированы локальные или параметрические управляющие воздействия.

3. Выделено два методологических подхода к определению моментов контроля. Во-первых, при наихудших обстоятельствах система не будет увеличивать объем уже достигнутой программы, т.е. она быстро продвигается к своей цели. Однако при принятии второго подхода система в аналогичной ситуации продолжает продвигаться к своей цели, сохраняя при этом пессимистическую траекторию; система функционирует с минимальной скоростью.

4. Получены оценки для количества моментов контроля для постоянных временных параметров. Однако, когда функционируют реальные системы, на эти значения может влиять большое количество случайных воздействий. Они могут быть исправлены и обычно подвергаются чередованию в моменты контроля.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Golenko D.I. *Statistische Methoden der Netzplantechnik*, Leipzig: BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, 1972
2. Ben-Yair A., Burkov V.N. et al *Active systems in stochastic project management, Proceedings of the Int. Conf. on Large-Scale Systems*, Moscow: Institute of Control Sciences. 2010
3. Golenko D.I. *Statistical Models in Production Control*, Moscow: Statistica, 1973.
4. Burkov V.N. et al Models and mechanisms of operation of hierarchical systems (Review). *Automation and Remote Control*, 1977;11:106-131.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Потудинский Алексей Владимирович, аспирант, Кафедра информационных систем и технологий, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: alepaha@yandex.ru

Alexey V. Potudinskiy, Postgraduate Student, Department of Information Systems and Technologies, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation.

Преображенский Андрей Петрович, профессор, Кафедра информационных систем и технологий, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация
e-mail: app@vivt.ru
ORCID: [0000-0002-6911-8053](https://orcid.org/0000-0002-6911-8053)

Andrey P. Preobrazhenskiy, Professor, Department of Information Systems and Technologies, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation