

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЗАДЕРЖКИ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЯ - РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ

© 2014 И.И. Лапушкин, Э.Б. Мазурин\*

**Ключевые слова:** управление, принцип регулирования, отклонение, возмущение, модель управления.

Приведено описание модели управляющего контура и особенности принципов регулирования, применяемых в менеджменте. Рассматриваются результаты моделирования процесса управления при различных принципах регулирования и при различном отставании принятия решения от возмущающего воздействия (задержках принятия решения). Предложены наиболее адекватные принципы регулирования в зависимости от величины задержки в принятии решения.

В производственных компаниях затраты на управление могут быть соизмеримы с доходами от реализации товаров и услуг. Для повышения эффективности управления основными процессами в компаниях необходимо иметь информацию о влиянии на управляемые процессы различных форм и структур управляющих воздействий. С научной точки зрения, такая информация может быть получена только в результате проведения контролируемых экспериментов, когда в качестве предмета исследования выступают системы управления компаниями. Объект исследования - компания - изначально (по своим целям) является "неудобным" объектом для проведения экспериментов и других научных исследований<sup>1</sup>.

Для изучения процесса управления основными производственными процессами в компании "Интегратор ИТ", основной деятельностью которой является выполнение проектов по разработке программного обеспечения, совместно с кафедрой "Экономика и организация производства" МГТУ им. Н.Э. Баумана была создана модель управляющего контура, позволяющая проводить исследования процесса управления при различных организационных структурах. При этом была поставлена цель: разработать модель управления объектом регулирования, позволяющую проводить исследования различных звеньев регулирования, принципов регулирования<sup>2</sup>, форм внешних воздействий<sup>3</sup>. Модель должна позволять проводить качественную и количественную оценку параметров регулиро-

вания (задержка, усиление, частота, затраты) и их влияния на выход объекта регулирования<sup>4</sup>. Кроме того, модель управляющего контура должна иметь возможность проводить исследования различных конструкций организационных структур управления компаниями<sup>5</sup>.

Цель работы, результаты которой приведены в данной статье, - моделирование процесса управления при различных принципах регулирования и различных задержках в принятии решения (отставание управляющего воздействия от внешнего возмущения).

В процессе моделирования управляющего контура выбраны два основных элемента системы управления: объект управления (объект регулирования *ОР*) и регулятор *Р*. Объект регулирования, необходимый для преобразования входа в выход (по зависимости, называемой передаточной функцией), подвергается воздействию внешней среды (внешнее воздействие) и воздействию регулятора. Задача регулятора - минимизация отрицательного влияния внешней среды на *ОР*. Для возможности дальнейшего моделирования организационных структур управляющий контур должен иметь дополнительный управляющий вход, через который передается информация о желаемом состоянии выхода. В технике системы, имеющие управляющий вход, называют "системами программного регулирования".

Модель сочетает в себе три основополагающих принципа регулирования - принцип разомкнутого управления, принцип управле-

\* Лапушкин Иван Иванович, соискатель; Мазурин Эдуард Борисович, кандидат технических наук, доцент. - Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. E-mail: vestnik-sgeu@mail.ru.

ния по отклонению (принцип обратной связи) и принцип регулирования по возмущению (принцип компенсации). На рис. 1 представлена схема регулятора, в котором заложены все три основополагающих принципа регулирования. Такая система регулирования называется комбинированным регулированием. На рис. 1 использованы следующие обозначения: объект регулирования -  $OP$ , регулирующее звено регулятора -  $P$ , внешнее воздействие  $f_1$ , внешнее управляющее воздействие  $u_1$ , внутреннее управляющее воздействие  $u_2$ .

Известные в технике три основополагающих принципа управления в менеджменте могут иметь следующую интерпретацию.

Разомкнутое управление означает, что менеджеры, управляющие основным процессом (процесс выработки управляющего воздействия происходит в  $P$ , основной процесс реализуется в  $OP$ ), получают информацию о возмущающем воздействии только из внешней среды. Внешней средой в данном случае может быть вышестоящий в иерархии уровень управления. Внешнему возмущающему воздействию подвергается только  $P$ . На основании информации о внешнем воздействии на  $P$  происходят процесс принятия решений и выработка управляющих воздействий, которые передаются на  $OP$ . Разомкнутое управление часто используется, как канал для управления  $OP$ .

Управление по возмущению означает, что менеджеры, управляющие основным процессом, так же, как и при разомкнутом управлении, получают информацию о возмущающем

воздействии только из внешней среды. В отличие от разомкнутого управления, внешнему возмущающему воздействию подвергается не только  $P$ , но и  $OP$ . На основании информации о внешнем воздействии на  $P$  происходят процесс принятия решений и выработка управляющих воздействий, которые передаются на  $OP$ .

Управление по отклонению означает, что менеджеры получают информацию только по результатам работы основного процесса и сравнивают эту информацию с плановыми значениями. Управление (выработка решений и управляющих воздействий) осуществляется по значению величины отклонения фактического и планового результата без учета внешних возмущающих воздействий непосредственно на  $P$ . Внешним возмущающим воздействиям подвергается только  $OP$ .

При комбинированном управлении менеджеры получают информацию как о возмущающем воздействии из внешней среды, так и об отклонении фактического и планового результата основного процесса. Внешнему возмущающему воздействию подвергаются  $OP$  и  $P$ . Принятие решений и выработка управляющих воздействий являются результатом сравнения внешнего воздействия и полученного в итоге этого воздействия отклонения.

Принцип (комплекс принципов) управления закладывается при проектировании и построении системы управления компанией.

В данной статье мы ограничиваемся только решением задач управления, связанных с приведением в соответствие значения выходной величины  $OP$  плановым (желаемым) зна-

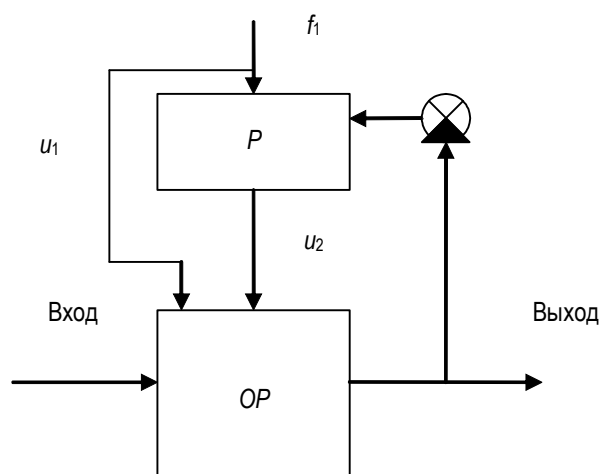


Рис. 1. Комбинированное регулирование. Структурная схема модели управляющего контура

чениям. Плановые значения выходной величины  $OP$  принимаются заданными. Нахождение эффективных плановых значений выходной величины не рассматривалось.

Задачи управления только выходными величинами  $OP$  относятся к тактическому управлению. В статье мы будем называть процесс тактического управления регулированием.

Структура модели управляющего контура, в которой реализованы все три основных принципа регулирования, соответствует приведенной на рис. 1. Если в модели отключить внешнее воздействие на  $OP$   $f_1$  и отключить отрицательную обратную связь, мы получим разомкнутое регулирование. Если отключить только обратную связь, оставив внешнее воздействие на  $OP$  и  $P$ , получим регулирование по возмущению. Если отключить внешнее воздействие  $f_1$  на  $P$  и оставить на  $OP$  (при наличии отрицательной обратной связи), получим регулирование по отклонению. Наличие всех связей соответствует комбинированному регулированию.

В качестве типового звена регулирования в проведенной работе использовалось усилительное (пропорциональное) звено, у которого выходная величина изменяется во времени по тому же закону, что и входная величина. В менеджменте пропорциональное звено встречается наиболее часто. Выработка управленческих решений и воздействие на подчиненных пропорционально отклонению плановых и фактических показателей деятельности компании.

Для представления расчетных данных, полученных на модели, в качестве независимой переменной принималась продолжительность проектных работ (время выполнения проекта). Зависимая переменная - текущая трудоемкость проектных работ. Продолжительность проектных работ и текущая трудоемкость проектных работ - связанные через количество исполнителей проекта переменные. Если количество исполнителей проекта принять за постоянное значение, мы получаем линейную зависимость текущей трудоемкости от продолжительности проектных работ. Если количество исполнителей - величина переменная, получаем нелинейную зависимость.

Внешнее возмущающее воздействие может увеличить (положительное воздействие)

или уменьшить (отрицательное воздействие) текущую трудоемкость проектных работ. Увеличение (уменьшение) текущей трудоемкости проектных работ приводит к увеличению (уменьшению) накопленной трудоемкости работ по всему проекту, которую мы будем называть суммарной накопленной трудоемкостью. В модели принято допущение, что управляющее воздействие не может влиять на изменение суммарной накопленной трудоемкости. Управляющее воздействие может изменять текущую трудоемкость (посредством изменения времени работы над проектом или посредством изменения количества сотрудников, занятых в проекте).

Общее время выполнения проекта можно посчитать как сумму планового значения суммарной накопленной трудоемкости по проекту и суммарного накопленного значения внешнего возмущения (с учетом знака воздействия - положительного или отрицательного), деленную на общее количество исполнителей проекта.

Время выполнения проектных работ может получаться различным из-за различного количества исполнителей в проекте. Для удобства учета различий во времени продолжительности проектных работ в расчетах и в модели использовались относительные единицы времени - проценты. Начало проектных работ - 0%, окончание проектных работ - 100%.

Регулирование при проведении проектных работ заключается в перераспределении ресурсов по проектам для обеспечения планового значения продолжительности проекта.

Возможны следующие варианты результатов регулирования.

“Недорегулирование” - регулирующее воздействие уменьшает текущую трудоемкость не полностью (положительная ошибка регулирования). В результате будет наблюдаться увеличение сроков выполнения проекта.

“Перерегулирование” - регулирующее воздействие превышает возмущающее воздействие (отрицательная ошибка регулирования). Суммарная накопленная трудоемкость не изменяется, сроки выполнения проекта увеличиваются.

Модель управляющего контура реализована в матричной системе MATLAB R2006/2007 с

применением пакета визуального блочного имитационного моделирования Simulink 7. Адекватность модели проверена с использованием статистических данных по реализованным проектам компании “Интегратор ИТ”.

Результаты моделирования процесса управления для усилительного звена показаны на рис. 2-4. Расчеты проведены для внешнего возмущения продолжительностью 90%, начало возмущения приходится на 10% времени от начала проекта, абсолютная величина возмущения 50 чел.-ч при текущей трудоемкости проекта 50 чел.-ч. Коэффициент усиления звена регулирования равен 1.

Результаты моделирования “идеального” варианта регулирования, когда отставание решения от появления возмущающего воздействия (в дальнейшем - задержка) равно 0, приведены на рис. 2. Как видно из графика, принцип регулирования по обратной связи (регулирование по отклонению) хуже всего отрабатывает возмущающее воздействие. Результат работы *ОР* имеет отклонение, постоянное по величине и равное 1/2 от возмущающего воздействия. Лучше всего работает регулирование, построенное по принци-

пу регулирования по возмущению и комбинированное регулирование. С практической точки зрения, наиболее целесообразно применять регулирование по возмущению. В отличие от комбинированного регулирования при регулировании по возмущению нет необходимости в организации дополнительного информационного канала, передающего данные с выхода *ОР* к лицу, принимающему решение (менеджеру).

Результаты моделирования при задержке в 5 % от времени продолжительности проекта приведены на рис. 3. При регулировании по отклонению абсолютная величина отклонения на выходе *ОР* будет периодически изменяться от 0 (величина планового выхода *ОР*) до 50 чел.-ч (100 чел.-ч на выходе *ОР*) с периодичностью, равной величине задержки (5%). В течение проекта будут наблюдаться затухающие колебания выхода *ОР* при стремлении установившегося значения к 1/2 от возмущающего воздействия. На практике это будет означать, что во время проекта происходят постоянные смены усилий менеджеров, что приводит к бесполезной затрате усилий исполнительского персонала.

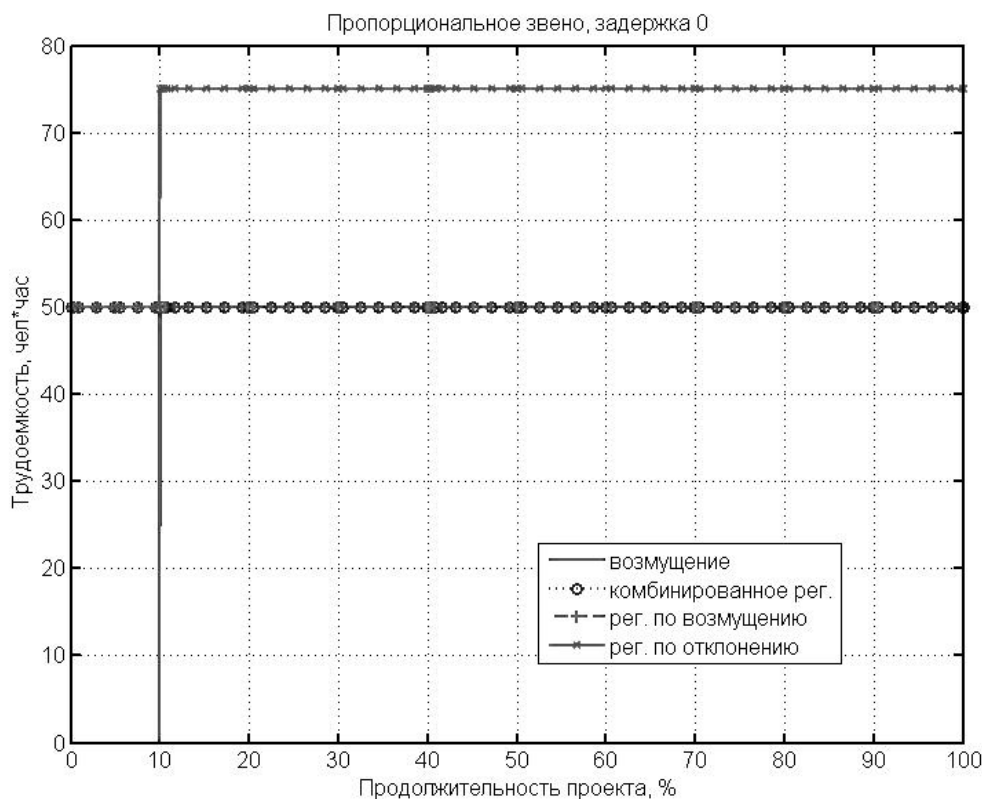


Рис. 2. Результаты моделирования работы усилительного звена, задержка 0

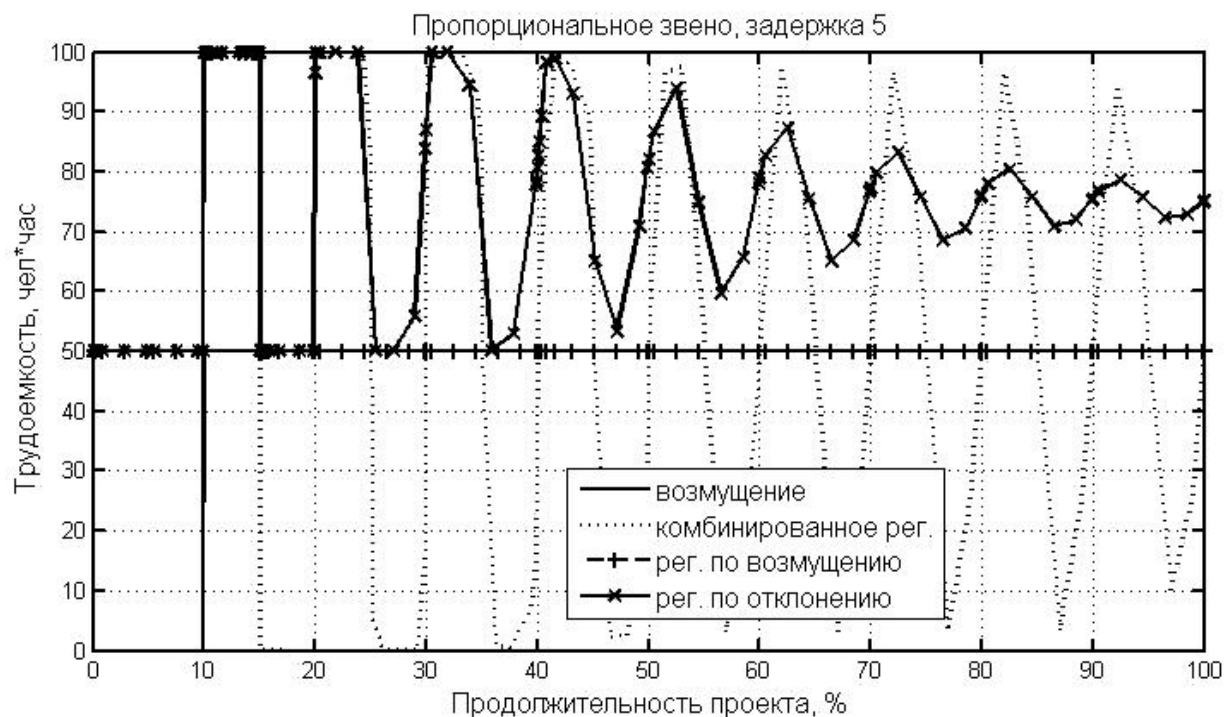


Рис. 3. Результаты моделирования работы усилительного звена, задержка 5%

При регулировании по возмущению на выходе *ОР* будет наблюдаться единовременное отклонение продолжительностью, равной продолжительности задержки. В оставшееся время проекта отклонений на выходе *ОР* не будет.

При комбинированном регулировании на выходе *ОР* будут наблюдаться периодические

колебания трудоемкости с периодом, равным величине запаздывания, и амплитудой, равной двойной величине внешнего возмущения (100 чел.-ч).

Результаты моделирования при задержке в 10% от времени продолжительности проекта приведены на рис. 4. При регулиро-

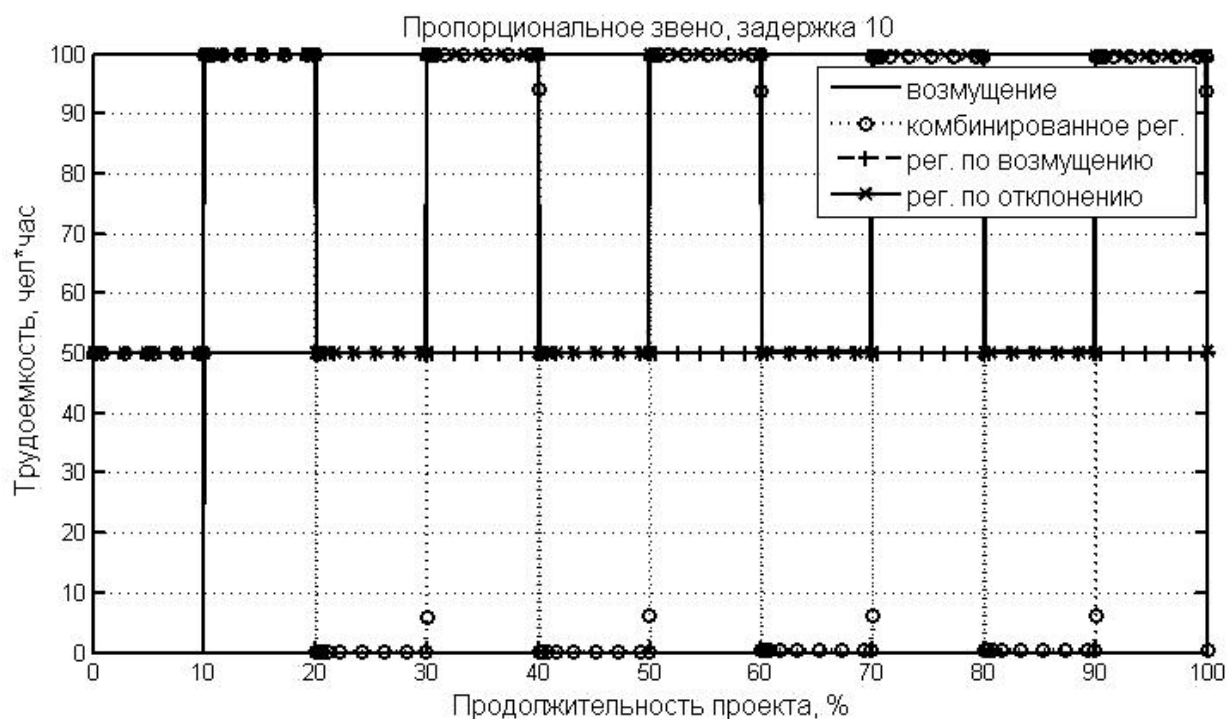


Рис. 4. Результаты моделирования работы усилительного звена, задержка 10%

вании по отклонению абсолютная величина отклонения на выходе *ОР* будет периодически изменяться от 0 (величина планового выхода *ОР*) до 50 чел.-ч (100 чел.-ч на выходе *ОР*) с периодичностью, равной величине задержки (10%). В отличие от результатов моделирования при задержке в 5%, затухания колебаний наблюдаться не будет.

При регулировании по возмущению, как и при задержке в 5%, на выходе *ОР* будет наблюдаться единовременное отклонение продолжительностью, равной продолжительности задержки. В оставшееся время проекта отклонений на выходе *ОР* не будет.

При комбинированном регулировании на выходе *ОР* будут наблюдаться периодические колебания трудоемкости с периодом, равным величине запаздывания, и амплитудой, равной удвоенной величине внешнего возмущения (100 чел.-ч). При этом форма отклонения как в положительную, так и в отрицательную сторону симметрична и будет повторять форму отклонения при регулировании с использованием принципа обратной связи.

Общий вывод, который можно сделать, анализируя вышеприведенные графики, состоит в том, что при регулировании наиболее адекватным внешнему возмущению является принцип регулирования по возмущению. Использование комбинированного регулирования можно применять только при очень коротких задержках (близких к 0). При задержках, отличных от 0, принцип комбинированного регулирования использовать не рекомендуется, так как будет происходить накопление отклонений в процессе выполнения проекта.

Если на практике не удастся реализовать принцип регулирования по возмущению, можно рекомендовать использование принципа регулирования по отклонению. Но необходимо помнить, что регулирование по отклонению при любой задержке на выходе *ОР* будет “ошибкой регулирования”.

Основные результаты и выводы:

1. Разработана модель управляющего контура, реализованная в матричной системе MATLAB R2006/2007 с использованием пакета визуального блочного имитационного моделирования Simulink 7.

2. Модель сочетает в себе три основополагающих принципа регулирования - принцип разомкнутого управления, принцип управления по отклонению (принцип обратной связи), принцип регулирования по возмущению (принцип компенсации). Модель позволяет реализовать комбинированное управление.

3. По модели можно вычислить общее время выполнения проекта, сложив плановую суммарную накопленную трудоемкость по проекту и суммарное накопленное значение внешнего возмущения (с учетом знака, показывающего положительное или отрицательное воздействие) и разделив на количество исполнителей в проекте.

4. Предложено продолжительность проектных работ переводить в относительные единицы (использовались проценты, т.е. срок окончания проектных работ принимался за 100 %).

5. Исследования процесса регулирования при различных задержках показывают, что при задержке, близкой к 0, принцип регулирования по обратной связи (регулирование по отклонению) хуже всего отрабатывает возмущающее воздействие. Результат работы *ОР* имеет постоянное по величине и равное 1/2 от возмущающего воздействия отклонение. Лучше всего при задержках, близких к 0, работает регулирование, построенное по принципу регулирования по возмущению, и комбинированное регулирование.

6. При задержке в 5 % от времени продолжительности проекта:

♦ при регулировании по отклонению будут наблюдаться периодические затухающие колебания выхода *ОР* при стремлении установившегося значения к 1/2 от возмущающего воздействия;

♦ при регулировании по возмущению на выходе *ОР* будет наблюдаться единовременное отклонение продолжительностью, равной продолжительности задержки. В оставшееся время проекта отклонения на выходе *ОР* не будет;

♦ при комбинированном регулировании на выходе *ОР* будут наблюдаться периодические колебания трудоемкости с периодом, равным величине запаздывания, и амплитудой, равной двойной величине внешнего возмущения.

7. При задержке в 10 % от времени продолжительности проекта:

◆ при регулировании по отклонению абсолютная величина отклонения на выходе *ОР* будет периодически изменяться, при этом затухания колебаний наблюдаться не будет;

◆ при регулировании по возмущению, как и при задержке в 5 %, на выходе *ОР* будет наблюдаться единовременное отклонение продолжительностью, равной продолжительности задержки. В оставшееся время проекта отклонения на выходе *ОР* не будет;

◆ при комбинированном регулировании на выходе *ОР* будут наблюдаться периодические колебания трудоемкости с периодом, равным величине запаздывания, и амплитудой, равной удвоенной величине внешнего возмущения (100 чел.-ч). При этом форма отклонения как в положительную, так и в отрицательную сторону симметрична и будет повторять форму отклонения при регулиро-

вании с использованием принципа обратной связи.

---

<sup>1</sup> *Неуймин Я.Г.* Модели в науке и технике. История, теория, практика. Л., 2008.

<sup>2</sup> *Воронов А.А.* Основы теории автоматического управления: Автоматическое регулирование непрерывных линейных систем. М., 1980.

<sup>3</sup> *Луговой Р.А., Солодухин К.С., Чен А.Я.* Модели поддержки процессов принятия стратегических решений в вузе // Университетское управление. 2012. № 4. С. 26-34.

<sup>4</sup> *Павленков М.Н., Бикмаева А.В.* Методика контроллинга: выбор объектов сравнения // Российское предпринимательство. 2011. № 10. Вып. 1 (193). С. 64-69.

<sup>5</sup> *Малышева Л.А.* Сбалансированная система показателей: баланс рисков и возможностей // Управленческий учет и финансы. 2007. № 2 (10). С.11-18.

*Поступила в редакцию 10.12.2013 г.*