ВЕСТНИК

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

БРЯНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 11(96) 2020

Издается с 2004 года

DOI: 10.30987/1999-8775-2020-11
Журнал выходит 12 раз в год

Председатель редакционного совета – **Федонин О.Н.,** *д-р техн. наук, проф.*
Заместитель председателя редакционного совета – **Памфилов Е.А.,** *д-р техн. наук, проф.*

Редакционный совет:
Абрамов А.А., *д-р техн. наук, проф.(Санкт-Петербург)*
Аверченков В.И., *д-р техн. наук, проф.(Брянск)*
Агеев Е.В., *д-р техн. наук, проф.(Курск)*
Агуреев И.Е., *д-р техн. наук, проф.(Тула)*
Албагачиев А.Ю., *д-р техн. наук, проф.(Москва)*
Анцев В.Ю., *д-р техн. наук, проф.(Тула)*
Безъязычный В.Ф., *д-р техн. наук, проф.(Рыбинск)*
Бухач А., *д-р техн. наук, проф.(Гливице, Польша)*
Буяновский И.А., *д-р техн. наук, проф.(Москва)*
Вайнер Л.Г., *д-р техн. наук, доц.(Хабаровск)*
Волохов Г.М., *д-р техн. наук, проф.(Коломна)*
Галактионов В.А., *д-р физ.-мат. наук, проф.(Москва)*
Давыдов С.В., *д-р техн. наук, проф.(Брянск)*
Дорохин С.В., *д-р техн. наук, проф.(Воронеж)*
Дьяконов А.А., *д-р техн. наук, проф.(Челябинск)*
Еременко В.Т., *д-р техн. наук, проф.(Орел)*
Захарова А.А., *д-р техн. наук, доц.(Брянск)*
Ивахненко А.Г., *д-р техн. наук, проф.(Курск)*
Карпенко А.П., *д-р физ.-мат. наук, проф.(Москва)*
Клименко С.А., *д-р техн. наук, проф.(Киев, Украина)*
Кобищанов В.В.., *д-р техн. наук, проф.(Брянск)*
Константинов И.С., *д-р техн. наук, проф.(Белгород)*
Космодамианский А.С., *д-р техн. наук, проф.(Москва)*
Крысько А.В., *д-р физ.-мат. наук, проф.(Саратов)*
Макаренко К.В., *д-р техн. наук, проф.(Брянск)*
Массель Л.В., *д-р техн. наук, проф.(Иркутск)*
Мокрицкий Б.Я., *д-р техн. наук, проф.(Комсомольск-на-Амуре)*
Муравьев С.В., *д-р техн. наук, проф.(Томск)*
Пестер А., *д-р техн. наук, проф.(Фельдкирхен, Австрия)*
Петрешин Д.И., *д-р техн. наук, проф.(Брянск)*
Подмастерьев К.В., *д-р техн. наук, проф.(Орел)*
Приходько В.М., *д-р техн. наук, проф., член-корр. РАН(Москва)*
Протасьев В.Б., *д-р техн. наук, проф.(Тула)*
Пугачев И.Н., *д-р техн. наук, проф.(Хабаровск)*
Рассоха В.И., *д-р техн. наук, проф.(Оренбург)*
Рытов М.Ю., *канд. техн. наук, доц.(Брянск)*
Савин Л.А., *д-р техн. наук, проф.(Орел)*
Смоленцев В.П., *д-р техн. наук, проф.(Воронеж)*
Соловьев Д.Л., *д-р техн. наук, проф.(Муром)*
Степанов Ю.С., *д-р техн. наук, проф.(Орел)*
Суслов А.Г., *д-р техн. наук, проф.(Брянск)*
Финогеев А.Г., *д-р техн. наук, проф.(Пенза)*
Хандожко А.В., *д-р техн. наук, проф.(Брянск)*
Хейфец М.Л., *д-р техн. наук, проф.(Минск, Беларусь)*
Химухин С.Н., *д-р техн. наук, проф.(Хабаровск)*
Якимов А.И., *д-р техн. наук, проф.(Могилев, Беларусь)*
Янюшкин А.С., *д-р техн. наук, проф.(Чебоксары)*

Редколлегия
Главный редактор – **Киричек А.В.,** *д-р техн. наук, проф.*
Зам. главного редактора – **Морозова А.В.,** *канд. соц. наук*
Отв. секретарь – **Татаринцев В.А.,** *канд. техн. наук*
Корректор – **Ерохина В.А.**

Адрес редакции
241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7
+7 (4832) 58-82-77
Сайт: http://www.tu-bryansk.ru/info/zhurnaly
E-mail: vestnik@tu-bryansk.ru

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Серия ПИ № ФС77-75522 от 12 апреля2019 года

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении или непосредственно в редакции журнала. Индекс по каталогу **«Роспечать»: 80859**

Журнал включен в специализированный референтный библиографический сервис CrossRef

Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук по группам специальностей

05.02.00 – Машиностроение и машиноведение (05.02.02, 05.02.04, 05.02.07, 05.02.08, 05.02.10, 05.02.11), 05.22.00 – Транспорт (05.22.07)

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале «Вестник Брянского государственного технического университета», допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции

© Брянский государственный технический университет, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Машиностроение и машиноведение

Тихомиров В.П., Горленко А.О., Волохов С.Г., Измеров М.А. Влияние магнитного поля на триботехнические показатели пар трения скольжения применительно к фрикционным гасителям колебаний **4**

Куликов М.Ю., Ягодкин М.В., Куликов Ю.М. Повышение надежности процесса резьбонарезания метчиками в отверстиях сверхмалых диаметров **12**

Попов А.П., Запольская А.Н., Попова Т.А. Многовариантный подход в решении оптимизационных задач составления алгоритмического описания маршрутов обработки **18**

Иноземцев В.Е. Исследование применения совмещённых методов обработки медных и алюминиевых сплавов **26**

Химухин С.Н., Ерёмина К.П., Дзюба Г.С. Обработка электроискровых покрытий методом ультразвукового пластического деформирования **36**

Ивахненко А.Г., Аникеева О.В. Взаимодействие подсистем предприятий при целевом управлении качеством продукции **44**

Транспорт

Закиров Р.А., Землянский Ю.М., Кондаков С.В., Подживотова И.А. Теоретическое обоснование разворота на месте гусеничного трактора с дифференциальным механизмом поворота при нейтрале в коробке передач **52**

CONTENTS

Mechanical engineering and engineering science

V.P. Tikhomirov, A.O. Gorlenko, S.G. Volokhov, M.A. Izmerov. Magnetic field impact upon tribotechnical characteristics of sliding friction pairs with respect to friction shock absorbers **4**

M.Yu. Kulikov, M.V. Yagodkin, Yu.M. Kulikov. Reliability increase of thread cutting with tap borers in super-small holes **12**

A.P. Popov, A.N. Zapolskaya, T.A. Popova. Multichoice approach to solution of optimization problems of algorithmic description formation of processing routes **18**

V.E. Inozemtsev. Investigation of combined method use for copper and aluminum alloy processing **26**

S.N. Khimukhin, K.P. Yeryomina, G.S. Dzyuba. Electrospark coating processing with method of ultrasonic plastic deformation **36**

A.G. Ivakhnenko, O.V. Anikeeva. Enterprise subsystems interaction under purposeful control of product quality **44**

Transportation means

R.A. Zakirov, Yu.M. Zemlyansky, S.V. Kondakov, I.A. Podzhivotova. Theoretical substantiation of caterpillar turn in place with differential steering gear at neutral in transmission **52**

УДК 519.876.2:658.5
DOI: 10.30987/1999-8775-2020-11-44-51

А.Г. Ивахненко, О.В. Аникеева

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОДСИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ЦЕЛЕВОМ УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Исследовано взаимодействие социально-экономической, организационной и технической подсистем промышленных предприятий при целевом управлении качеством продукции. Установлено различие между значениями управляющих воздействий, обеспечивающих достижимость поставленных целей для стационарного состояния деятельности предприятия и в плановом периоде времени для нестационарного состояния деятельности с использованием реальных данных. Определена область значений соответствующих коэффициентов усиления.

Ключевые слова: цели, качество, подсистемы, предприятие, статика, квазистатика.

A.G. Ivakhnenko, O.V. Anikeeva

ENTERPRISE SUBSYSTEMS INTERACTION UNDER PURPOSEFUL CONTROL OF PRODUCT QUALITY

The purpose of the paper is to study the interaction of social-economic, organizational and engineering subsystems of industrial enterprises during purposeful control of product quality. There is offered an interaction scheme of enterprise subsystems at product quality support.

The simulation carried out allowed defining a difference between the values of managing impacts ensuring the reachability of the ends specified for a stationary state of enterprise activities and in the planned period of time for a time dependent of activities with the use of real data. To ensure actual reachability of the required values of the ends in the field of quality one requires to specify their increased values, in this connection there is introduced an idea of a gain factor. In the example considered for two values of product quality there is defined a field of values corresponding to gain factors showing a level of value increase of the ends required in the field of quality to ensure their actual reachability. With the use of fields revealed a possibility appeared to offer different variants of values of gain factors during managing solutions making.

The directions for the further investigations connected with the analysis of operator structure to change values of enterprises subsystems in the course of the assurance of ends manageability in the field of quality are defined.

Key words: ends, quality, subsystems, enterprise, statistics, quasi-statistics.

Введение

В состав интегрированных систем менеджмента промышленных предприятий включают подсистемы менеджмента производством, ресурсами, финансами, персоналом, поставками, качеством, знаниями, окружающей среды и т.д. в рамках концепции всеобщего управления качеством [1]. Вместе с тем, при системном анализе структуры организации выделяют различные подсистемы в зависимости от точки зрения исследователя. При рассмотрении внутренней структуры системы управления организацией были выделены следующие блоки [2]:

– научное обоснование системы;
– целевая подсистема;
– обеспечивающая подсистема;
– управляемая подсистема;
– управляющая подсистема.

Рассмотрены два варианта разделения организации на четыре подсистемы [3], в первом из них выделены: технология, организация, персонал и экономика, а во втором варианте: внеоборотные нефинансовые активы, оборотные материальные активы, персонал и финансы. При исследовании взаимодействия подсистем промышленных предприятий при целевом управлении в области качества было предложено рассматривать три подсистемы: социально-экономическую (СЭП), организационную (ОП) и техническую (ТП), механизм взаимодействия которых был рассмотрен в работе [4]. Целесообразность

рассмотрения подсистем не противоречит процессному подходу, поскольку соответствует исследованию деятельности предприятия без ее декомпозиции на процессы.

Задачей данной работы является исследование взаимодействия социально-экономической, организационной и технической подсистем предприятий при управлении по целям области качества.

Взаимодействие подсистем предприятий при обеспечении качества продукции

При решении поставленной задачи будем использовать линейную модель динамики качества, разработанную авторами [5] и имеющую стандартный вид линейной стационарной системы управления в пространстве состояний [6]:

$$\dot{\boldsymbol{X}}(t) = \boldsymbol{A}\boldsymbol{X}(t) + \boldsymbol{B}\boldsymbol{U}(t), \quad (1)$$

где $\boldsymbol{X} = (X_{(1)}, X_{(2)})^{\mathrm{T}}$ – вектор текущих значений целей в области качества и скоростей их изменения; $X_{(1)}$ – текущие значения целей в области качества, в т.ч. качества продукции, $X_{(2)}$ – скорости изменения $X_{(1)}$; $\boldsymbol{U}(t) = (U_{(1)}, U_{(2)})^{\mathrm{T}}$ – вектор управления, $U_{(1)}$ и $U_{(2)}$ – составляющие с размерностью (n) $U(t)$ при управлении по целям и по скоростям их изменения, n – количество целей; $\boldsymbol{A}$ – матрица ($2n \times 2n$) системных свойств; $\boldsymbol{B}$ – матрица ($2n \times m$) параметров управляющих воздействий, $m \geq 1$.

Достаточно слабое условие к размерности матрицы B связано с тем, что количество управляющих воздействий при целевом управлении не может быть меньше количества целей в области качества. При управлении только по целям, строки матрицы $\boldsymbol{B}$, соответствующие скоростям изменения целей, будут содержать только нулевые значения. Верхняя граница для определения m будет зависеть от выбранного класса функций управления, т.е. от выбранных базисных функций, например, при выборе полиноминального базиса (1, t, t^2, t^3) количество столбцов матрицы $\boldsymbol{B}$ будет равно $m = 4$.

Механизм взаимодействия рассматриваемых подсистем был раскрыт в работе [4], и при использовании модели (1) его можно отобразить в виде обобщенной схемы, представленной на рис. 1, где отражены три вида взаимодействия.

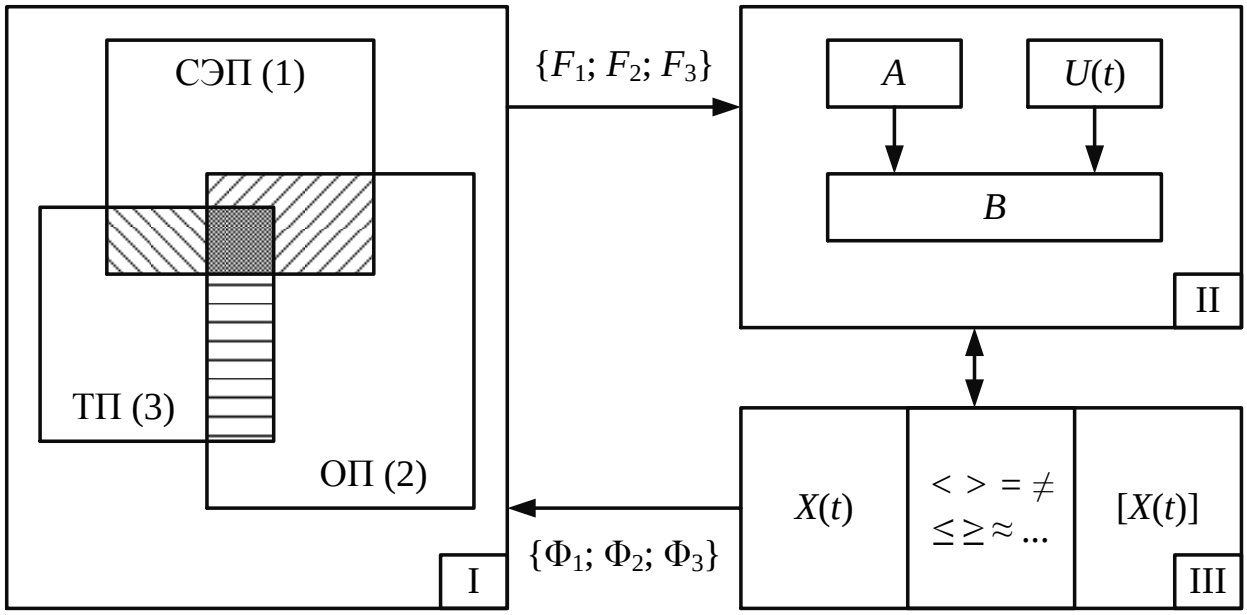


Рис. 1. Схема взаимодействия подсистем предприятий при обеспечении качества продукции ([$X(t)$] – требуемые значения целей в области качества)

Первый вид отражает взаимодействие между самими подсистемами, для определения принадлежности показателей деятельности к ним. Из схемы видно, что могут существовать показатели, принадлежащие только самим подсистемам отдельно (СЭП, ОП и ТП), а также четырем комбинациям их пересечений (СЭП ∩ ОП, СЭП ∩ ТП, ОП ∩ ТП, СЭП ∩ ОП ∩ ТП). Характеристики функционирования самих подсистем определяются через измеряемые показатели, используемые на конкретном предприятии. Второй вид взаимодействия определяется операторами F_1, F_2 и F_3, определяющими связь между показателями подсистем и элементами матрицы $\boldsymbol{A}$. Третий вид взаимодействия с использованием операторов Φ_1, Φ_2 и Φ_3 обеспечивает управляемость целями в области качества, и именно он обуславливает целесообразность рассмотрения первых двух видов взаимодействий. Эти операторы не являются обратными к операторам F_1, F_2 и F_3, поскольку связывают между собой показатели СЭП, ОП и ТП с элементами матрицы $\boldsymbol{B}$ и законами управления $\boldsymbol{U}(t)$. Суть последнего вида взаимодействия состоит в том, что несоответствие текущих значений целей $\boldsymbol{X}(t)$ их требуемым значениям $[\boldsymbol{X}(t)]$, определяемым с помощью отношений сравнения в блоке III, будет основой для разработки вариантов целенаправленного изменения значений показателей подсистем.

Примеры моделирования взаимодействия подсистем промышленных предприятий

В работе [7] дан перечень показателей деятельности предприятий текстильной и легкой промышленности и их значения за период 2013-2018 годы, использованные для построения регрессионной зависимости организационной устойчивости предприятий, как коэффициенты: $X1$ – обновления основных производственных фондов; $X2$ – абсолютной ликвидности денежных средств; $X3$ – автономии капитала; $X4$ – отношения заемных средств к собственным; $X5$ – текучести кадров; $X6$ – информационной вооруженности; $X7$ – удельный вес социальных льгот в объеме чистой прибыли; $X8$ – удельный вес социальных льгот в фонде заработной платы; $X9$ – экологичности продукции; $X10$ – текущей деятельности предприятия; $X11$ – инновационного потенциала предприятия; $X12$ – механизации (автоматизации) труда; $X13$ – ритмичности.

Установив цели в области качества $X9$ и $X13$, как в [8], выполним классификацию оставшихся показателей деятельности, как показателей подсистем, по рис. 1: СЭП ϵ {$X2$, $X3$, $X4$, $X5$, $X7$, $X8$}, ТП ϵ {$X6$, $X12$}, СЭП ∩ ТП ϵ {$X1$}, СЭП ∩ ОП ∩ ТП ϵ {$X10$, $X11$}. В целом, конечно, эти цели и показатели не полностью характеризуют как саму деятельность предприятия в области качества, так и его подсистемы, однако позволяют рассмотреть их взаимодействие и задачу управления. Формирование матрицы $\boldsymbol{A}$ на основе методов квалиметрии здесь также соответствует подходу [8]. Проблемным вопросом интерпретации результатов моделирования при рассмотрении ступенчатых управляющих воздействий по значениям целей является установление масштаба при соотнесении модельного и реального времени, поэтому в [8] используется понятие потенциальной достижимости целей. В данной работе рассмотрим два вида управляющих воздействий – ступенчатое и линейное, при этом структурные составляющие в полной модели (1) будут равны:

− $n = 2$, $m = 4$;

− $x_1 \equiv X9$, $x_2 \equiv X13$, $x_3 = \mathrm{d}x_1/\mathrm{d}t$, $x_4 = \mathrm{d}x_2/\mathrm{d}t$;

− $u_1 = [x_1]\cdot\mathrm{H}(t)$, $u_2 = [x_2]\cdot\mathrm{H}(t)$, $u_3 = 1$, $u_4 = t$, $\mathrm{H}(t)$ – функция Хэвисайда;

− $a_{11} = a_{12} = a_{14} = a_{21} = a_{22} = a_{23} = 0$, $a_{13} = a_{24} = 1$;

− $b_{11} = b_{12} = b_{13} = b_{14} = b_{21} = b_{22} = b_{23} = b_{24} = b_{32} = b_{41} = 0$;

− при только ступенчатых управлениях остальные составляющие матрицы $\boldsymbol{B}$ определяются из уравнений статики качества ($\mathrm{d}x_i/\mathrm{d}t = 0$, $i = 1, \ldots, 4$) и определяют потенциальную достижимость поставленных целей $b_{31} = -a_{31} - a_{32}[x_2]/[x_1]$, $b_{42} = -a_{41}[x_1]/[x_2] - a_{42}$, $b_{33} = b_{34} = b_{43} = b_{44} = b_{32} = b_{41} = 0$;

− при только линейных управлениях $b_{31} = b_{32} = b_{41} = = b_{42} = 0$, условия п.6 будут

соответствовать уравнениям квазистатики качества, тогда остальные коэффициенты матрицы $\boldsymbol{B}$ определим из следующей системы уравнений:

$$a_{31}x_1(t) + a_{32}x_2(t) + b_{33} + b_{34}t = 0,\ a_{41}x_1(t) + a_{42}x_2(t) + b_{43} + b_{44}t = 0. \quad (2)$$

Использование системы (2) предлагается двумя способами. Первый способ служит для определения собственно коэффициентов матрицы $\boldsymbol{B}$. Рассматривая время t как параметр, для определения 4-х неизвестных коэффициентов сформируем из (2) систему уравнений, используя начальные условия x_1 и x_2 при $t = 0$ с учетом, что $0^0 = 1$, и считая, что за время $t = 1$ переменные состояния достигнут требуемых значений $x_1 = [x_1]$ и $x_2 = [x_2]$. Тогда искомые коэффициенты будут равны:

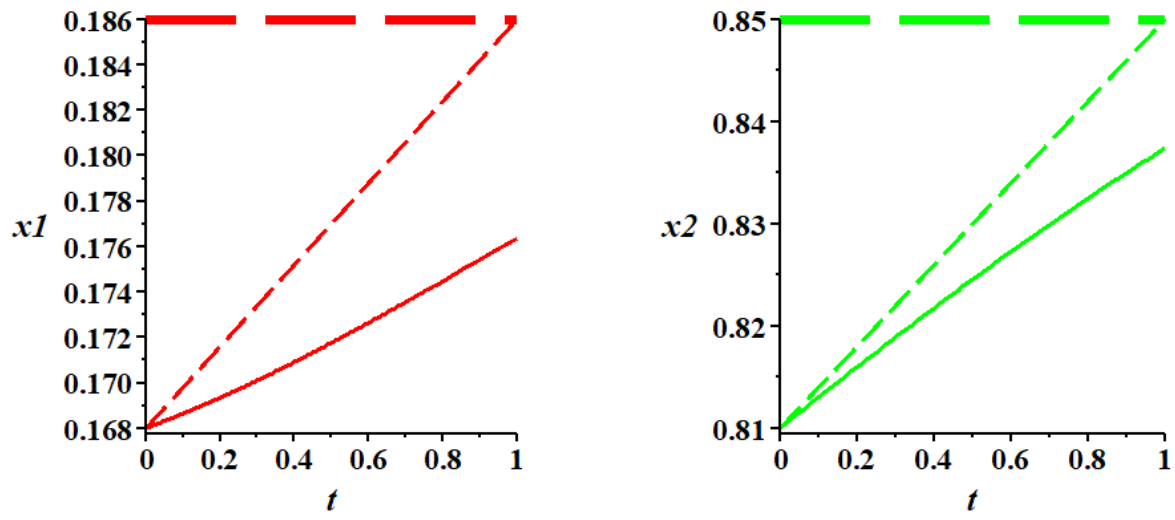
$$b_{33} = -a_{31}x_1(0) - a_{32}x_2(0),\ b_{43} = -a_{41}x_1(0) - a_{42}x_2(0),$$
$$b_{34} = -a_{31}x_1(1) - a_{32}x_2(1) - b_{33},\ b_{44} = -a_{41}x_1(1) - a_{42}x_2(1) - b_{43}. \quad (3)$$

Второй способ использования системы (2) нужен для построения «идеального» решения (1) в предположении, что отсутствуют «быстрые» изменения переменных состояния $dx_1/dt = dx_2/dt = dx_3/dt = dx_4/dt = 0$, а имеются только «медленные» изменения от линейных управляющих воздействий. Тогда получим:

$$x_1(t) = ((a_{32}b_{44} - a_{42}b_{34})t + a_{32}b_{43} - a_{42}b_{33})/(a_{31}a_{42} - a_{32}a_{41}),$$
$$x_2(t) = ((a_{31}b_{44} - a_{41}b_{34})t + a_{31}b_{43} - a_{41}b_{33})/(a_{32}a_{41} - a_{31}a_{42}), \quad (4)$$

где коэффициенты b_{33}, b_{34}, b_{43} и b_{44} определены в (3).

Численные значения составляющих матрицы $\boldsymbol{A}$ в (1) примем из [8] для 2014 года: $a_{31} = -0{,}71$, $a_{32} = 0{,}077$, $a_{33} = -0{,}826$, $a_{34} = 0{,}086$, $a_{41} = 0{,}653$, $a_{42} = -0{,}773$, $a_{43} = 0{,}76$, $a_{44} = -0{,}864$. Требуемые значения целей в 2014 году соответствуют фактически достигнутым значениям в 2015 году, и равны $[x_1] = 0{,}186$ и $[x_2] = 0{,}85$, начальные условия равны $x_1(0) = 0{,}168$ и $x_2(0) = 0{,}81$. При ступенчатых управлениях, когда $b_{31} = 0{,}358$ и $b_{42} = 0{,}63$, обеспечивается потенциальная достижимость требуемых целевых значений, однако, рассмотрим результаты решения системы (1) представленные на рис. 2. На рис. 2 и 3 сплошная линия соответствует решению системы (1), пунктирная линия – изменению значений целей по уравнениям (4), крупная пунктирная линия – требуемым значениям целей.

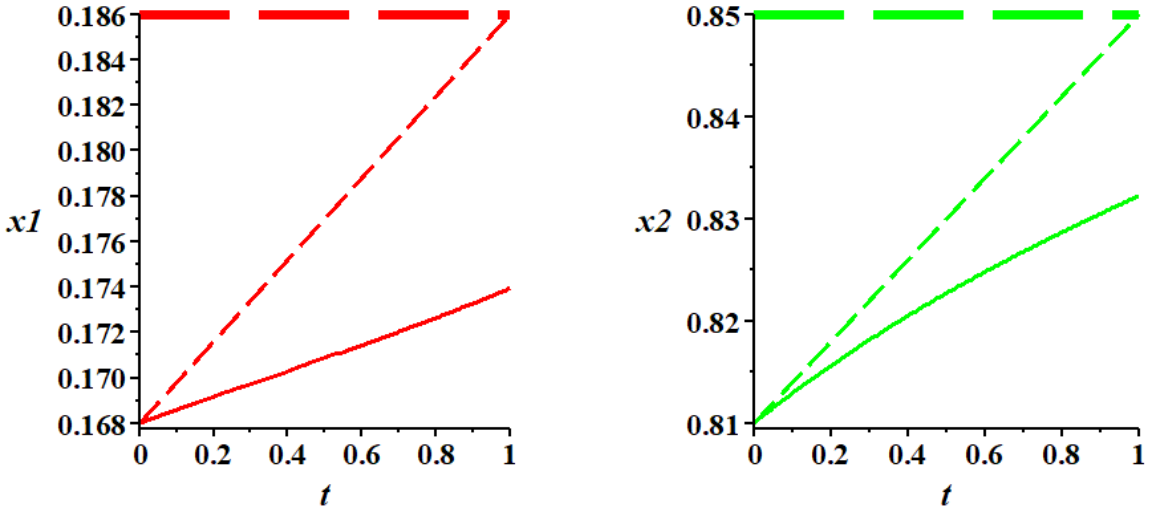


а) б)

Рис. 2. Изменение значений целей в области качества при ступенчатой функции управления в течение 2014 года: а) $x_1(t)$; б) $x_2(t)$

Из рис. 2 видно, что в течение года обе поставленные цели не достигаются, так как $x_1(1) = 0{,}176$ и $x_2(1) = 0{,}837$. Относительные значения выполнения показателей, определяемые следующим образом $\Delta_i = ([x_i(1) - x_i(0))/([u_i] - x_i(0))$ $(i = 1,2)$, равны $\Delta_1 = 0{,}444$ и $\Delta_2 = 0{,}675$. При ступенчатых законах управления достигнуть поставленные цели можно устанавливая более высокие их требуемые значения, а именно $[u_i]_{тр} = k_i \cdot [u_i]$, где k_i – коэффициент усиления для обеспечения достижения поставленных целей в течение требуемого периода времени. Достижение поставленных целей будет обеспечено при $k_1 = 1{,}24$ и $k_2 = 1{,}09$ $(\Delta_1 = \Delta_2 = 0)$, а требуемые значения коэффициентов $b_{31,тр} = 0{,}401$ и $b_{42,тр} = 0{,}61$.

При линейных управлениях, когда $b_{33} = 0{,}057$, $b_{34} = 0{,}01$, $b_{43} = 0{,}516$ и $b_{44} = 0{,}019$, и обеспечении потенциальной достижимости требуемых целевых значений, сами цели также как и ранее, не достигаются в течение года, что видно из представленных результатов решения системы (1) на рис. 3, где $x_1(1) = 0{,}174$ и $x_2(1) = 0{,}832$, а $\Delta_1 = 0{,}333$ и $\Delta_2 = 0{,}55$.



а) б)

Рис. 3. Изменение значений целей в области качества при линейной функции управления в течение 2014 года: а) $x_1(t)$; б) $x_2(t)$

При линейных законах управления достижение поставленных целей будет обеспечено при значениях коэффициентов усиления $k_1 = 1{,}35$ и $k_2 = 1{,}15$, а требуемые значения коэффициентов будут равны $b_{34,тр} = 0{,}097$ и $b_{44,тр} = 0{,}131$.

В 2015 году изменения значений показателей подсистем привели к существенным изменениям элементов матрицы $\boldsymbol{A}$ [8], которые приняли следующие значения: $a_{31} = -0{,}825$, $a_{32} = 0{,}089$, $a_{33} = -0{,}895$, $a_{34} = 0{,}093$, $a_{41} = 0{,}759$, $a_{42} = -0{,}885$, $a_{43} = 0{,}824$, $a_{44} = -0{,}931$. При использовании этих значений для выполненных ранее оценок достижимости, вместо принятых значений для 2014 года, установлено, что цели все равно являются недостижимыми при $k_1 = 1$ и $k_2 = 1$. Достижимость поставленных целей будет обеспечена: для ступенчатого управления при $k_1 = 1{,}2$ и $k_2 = 1{,}08$, а для линейного управления при $k_1 = 1{,}32$ и $k_2 = 1{,}14$. Таким образом, происшедшие изменения в состоянии подсистем предприятия не позволили бы достичь поставленных целей, так как система (1) находится в нестационарном состоянии в планируемом периоде времени, поскольку в ней не закончились переходные процессы. Иными словами, достижение поставленных целей обеспечивается определенными выше такими значениями величин управляющих воздействий, которые в установившемся состоянии системы позволили бы достичь лучших показателей деятельности, чем в нестационарном состоянии, при рассмотренных законах управления.

Из представленных выше результатов видно, что относительные значения выполнения показателей целей при сту-

пенчатых законах управления $\Delta_1 = 0{,}444$ и $\Delta_2 = 0{,}675$ выше, чем при линейных законах управления $\Delta_1 = 0{,}333$ и $\Delta_2 = 0{,}55$. Однако, использование ступенчатых управлений при рассмотрении взаимодействия всех подсистем СЭП, ОП и ТП имеет особенности, по сравнению с рассмотрением взаимодействия только двух подсистем ОП и ТП. Не составляет труда сформировать повышенные требования к значениям целей и издать соответствующие распорядительные документы в ОП. Возможны и очень быстрые изменения в ТП, например, повышение значений коэффициентов $X6$ и $X12$. При этом значения целей не будут достигнуты на следующий день после этих действий из-за инерционности и сопротивления, возникающего в СЭП. Впрочем, в отечественных условиях этот подход находит применение с использованием таких инструментов «качества», как установление повышенных норм и депремирование персонала [9-11]. Более обоснованным с точки зрения функционирования СЭП является применение линейных управляющих воздействий, даже с использованием коэффициентов усиления, при которых требуемые значения целей во времени растут постепенно.

Закончим рассмотрение примера с использованием данных 2014 года. Достижение обеих поставленных целей возможно и при других значениях коэффициентов усиления k_1 и k_2. На рис. 4 отображены области значений коэффициентов усиления, обеспечивающих фактическую достижимость поставленных целей, включающие и граничные значения. Большая область характеризует ступенчатую функцию управления, малая – линейную функцию управления. Уравнения для границ областей имеют вид для верхней и нижней границ соответственно:

– при ступенчатом управлении $k_2 = 2{,}817k_1 - 2{,}462$ и $k_2 = 0{,}134k_1 - 0{,}945$;

– при линейном управлении $k_2 = 2{,}541k_1 - 3{,}378$ и $k_2 = 0{,}148k_1 - 1{,}085$.

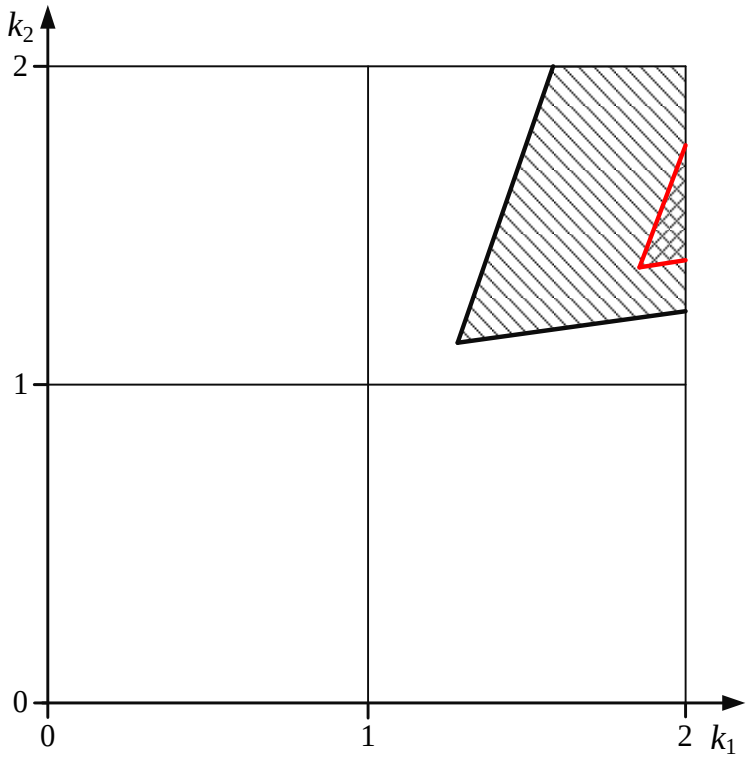


Рис. 4. Области значений коэффициентов усиления для фактической достижимости целей

С использованием выявленных областей можно предлагать различные варианты значений коэффициентов усиления k_1 и k_2 при подготовке управленческих решений.

Заключение

При моделировании взаимодействия социально-экономической, организационной и технической подсистем при целевом управлении в области качества на примере предприятия легкой промышленности было установлено существенное различие между значениями управляющих воздействий, обеспечивающих потенциальную и фактическую достижимость поставленных целей в заданном плановом периоде времени. Для обеспечения фактической достижимости следует задавать повышенные значения требуемых целей в области качества, определяемые соответствующими коэффициентами усиления.

Направления дальнейших исследований связаны с изучением структуры операторов для изменения показателей подсистем предприятий при обеспечении управляемости целями в области качества.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-01-00015.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анцев, В.Ю. Всеобщее управление качеством: монография / В.Ю. Анцев, А.Н. Иноземцев. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2005. – 243 с. – ISBN 5-7679-0528-2.
2. Фатхутдинов, Р.А. Производственный менеджмент: учеб. для вузов / Р.А. Фатхутдинов. - СПб.: Питер, 2003. – 491 с. – ISBN 5-94723-674-5
3. Иванов, Ю.В. Подсистемы и характеристики организации / Ю.В. Иванов. – Текст: электронный // Управляем предприятием: электронный журнал. – 2011. № 11 (11). – URL: http://upr.ru/upload/iblock/8c9/Ivanov.pdf. – Дата публикации: декабрь 2011.
4. Ивахненко, А.Г. Взаимодействие подсистем промышленных предприятий при целевом управлении в области качества / А.Г. Ивахненко, О.В. Аникеева // Управление качеством в образовании и промышленности: сб. ст. Всерос. научно-техн. конф., 21-22 мая 2020 г. – Севастополь: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 2020. – С. 151-157.
5. Ивахненко, А.Г. Модель управления качеством продукции и деятельности предприятия в пространстве состояний / А.Г. Ивахненко, О.В. Аникеева, М.Л. Сторублев // Автоматизация в промышленности. – 2019. – № 8. –С. 36–38.
6. Справочник по теории автоматического управления / А.Г. Александров, В.М. Артемьев, В.Н. Афанасьев [и др.]; под ред. А.А. Красовского. – Москва: Наука, 1987. – 711 с.
7. Максимова Н.А. Разработка методов и моделей принятия оптимальных управленческих решений для обеспечения организационной устойчивости предприятий текстильной и легкой промышленности на базе совершенствования организации складского хозяйства: специальность 05.02.22 «Организация производства (по отраслям)»: дисс…. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Максимова Наталия Александровна ; С.-Петерб. гос. универ. промышл. техн. и дизайна. – Санкт-Петербург, 2019. – 154 с. – Библиогр.: с. 134–147.
8. Аникеева, О.В. Верификация линейной модели динамики качества при исследовании целенаправленной деятельности промышленного предприятия / О.В. Аникеева, А.Г. Ивахненко, М.Л. Сторублев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2020. – № 3. – С. 154–163. – DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-154-163.
9. Болдырев, В.А. Размер заработной платы: влияние воли работодателя и возможности ее ограничения законодательными средствами / В.А. Болдырев // Право и экономика. – 2014. – № 9(319). – С. 51–54.
10. Пацук, О.В. Система депремирования как показатель некомпетентности управления / О.В. Пацук // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2006. – № 2(9). – С. 114-119.
11. Илюшкина, А.Н. Особенности применения системы депремирования на предприятии (плюсы и минусы ее использования) / А.Н. Илюшкина // Проблемы совершенствования организации производства и управления промышленными предприятиями: межвуз. сб. науч. тр. – 2016. – № 1. – С. 175–180.

1. Antsev, V.Yu. *General Quality Control:* monograph / V.Yu. Antsev, A.N. Inozemtsev. – Tula: TulaSU Publishers, 2005. – pp. 243. - ISBN 5-7679-0528-2.
2. Fatkhutdinov, R.A. *Production Management*: college textbook / R.A. Fatkhutdinov. – S-Pb.: Peter, 2003. – pp. 491. – ISBN 5-94723-674-5.
3. Ivanov, Yu.V. Subsystems and characteristics of organization / Yu.V. Ivanov. – Text: electronic // *Enterprise Control*: electronic journal. – 2011. No.11. (11). – URL: http://upr.ru/upload/iblock/8c9/Ivanov.pdf. - publication date: December 2011.

4. Ivakhnenko, A.G. Interaction of industrial enterprise subsystems under purposeful control in field of quality / A.G. Ivakhnenko, O.V. Anikeeva // *Quality Control in Education and Industry*: Proceedings of All-Russian Scientif.-Tech. Conf., May 21-22, 2020. – Sevastopol: FSAEU HE "Sevastopol State University", 2020. – pp. 151–157.
5. Ivakhnenko, A.G. Model of product quality control and enterprise activities in state space / A.G. Ivakhnenko, O.V. Anikeeva, M.L. Storublev // *Automation in Industry*. – 2019. – No. 8. – pp. 36–38.
6. *Reference Book on Theory of Automatic Control* / A.G. Alexandrov, V.M. Artemiev, V.N. Afanasiev [et al.]; under the editorship of A.A. Krasovsky. - Moscow: Science, 1987. – pp. 711.
7. Maximova, N.A. *Development of Methods and Models of Optimum Management Decision Making for Support of Organization Stability of Textile and Light Industry Enterprises Based on Warehousing Organization Updating*: specialty 05.02.22 "Production Organization (branches)": thesis in competition for scientific degree of Can. Sc. Tech. / Maximova Natalia Alexandrovna; S-Petersburg University of Industrial Tech. and Design. – Saint-Petersburg, 2019. – pp. 154. – References: pp. 134–147.
8. Anikeeva, O.V. Verification of quality dynamics linear model at research of purposeful activities of industrial enterprise / O.V. Anikeeva, A.G. Ivakhnenko, M.L. Storublev // Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology. – 2020. – No.3. – pp. 154-163. - DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-154-163.
9. Boldyrev, V.A. Wage rate: impact of employer's will and its limitation possibility with legislative means / V.A. Boldyrev // *Law and Economy*. – 2014. – No.9(319). – pp. 51–54.
10. Patsuk, O.V. Bonus-withdrawal system as index of management incompetence / O.V. Patsuk // *Bulletin of Academician Reshetnyov Siberian State Aerospace University*. – 2006. – No.2(9). – pp. 114–119.
11. Ilyushkina, A.N. Peculiarities in use of bonus withdrawal system at enterprise (pros and cons of its use) / A.N. Ilyushkina // *Updating Problems of Production Organization and Industrial Enterprise Management*: Inter-College Proceedings. – 2016. – No.1. – pp. 175–180.

Ссылка цитирования:
Ивахненко, А.Г. Взаимодействие подсистем предприятий при целевом управлении качеством продукции / А.Г. Ивахненко, О.В. Аникеева // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2020. – № 11. – С. 44-51. DOI: 10.30987/1999-8775-2020-11-44-51.

Статья поступила в редакцию 14.10.20.
Рецензент: д.т.н., профессор Тульского государственного университета Анцев В.Ю.,
член редсовета журнала «Вестник БГТУ».
Статья принята к публикации 27.10.20.

Сведения об авторах:

Ивахненко Александр Геннадьевич, д.т.н., профессор кафедры «Стандартизация, метрология, управление качеством, технология и дизайн», Юго-Западный государственный университет, e-mail: ivakhnenko2002@mail.ru.

Аникеева Олеся Владимировна, к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология, управление качеством, технология и дизайн», Юго-Западный государственный университет, e-mail: olesya-anikeeva@yandex.ru.

Ivakhnenkov Alexander Gennadievich, Dr. Sc. Tech., Prof. of the Dep. "Standardization, metrology, Quality Control, Technology and Design", South-Western State University, e-mail: ivakhnenko2002@mail.ru.

Anikeeva Olesya Vladimirovna, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. "Standardization, metrology, Quality Control, Technology and Design", South-Western State University, e-mail: olesya-anikeeva@yandex.ru.