

Для візуалізації процесу запропонована модель на основі виробничої функції типу Кобба-Дугласу. Впровадження розглядається як алгебраїчне введення в ПФ деяких диференціалів dx_i , $i = \overline{1, n}$, щодо відповідних виробничих факторів - x_i (ресурсів). На прикладі управління організаційно-господарської системою за допомогою перетворень Лоренца і Маньківського зроблена спроба графічного зображення управління в чотирирівнічному просторі, об'єднуючим фізичне тривимірний простір і час

Ключові слова: управління, впровадження, чотирирівнічний простір, виробнича функція, перетворення Лоренца і Маньківського

Для визуализации процесса управления внедрением предложена модель на основе производственной функции типа Кобба-Дугласа. Внедрение рассматривается как алгебраическое введение в производственную функцию некоторых дифференциалов dx_i , $i = \overline{1, n}$, относительно соответствующих производственных факторов - x_i (ресурсов). На примере управления организационно-хозяйственной системой с помощью преобразований Лоренца и Минковского сделана попытка графического изображения управления в четырехмерном пространстве, объединяющем физическое трёхмерное пространство и время

Ключевые слова: управление, внедрение, четырехмерное пространство, производственная функция, преобразования Лоренца и Минковского

ВИЗУАЛІЗАЦІЯ УПРАВЛЕННЯ ВНЕДРЕНІЕМ ПЕРЕДОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОСТРАНСТВЕ 4D

В. С. Боровик

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой
Кафедра экономики и управления
дорожным хозяйством*
E-mail: borovikv@mail.ru

В. В. Боровик

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра строительства транспортных сооружений*
E-mail: borovikvv70@mail.ru

Ю. Е. Прокопенко

Инженер*

E-mail: pue1936@yandex.ru

*Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет
ул. Академическая, 1, г. Волгоград, Россия, 400074

1. Введение

Исследования авторов относятся к области управления организационно-хозяйственными системами.

При всем многообразии информации по исследованию процессов внедрения прогрессивных технологий в производство отсутствует достаточно убедительное определение этого процесса. По мнению английских ученых «...в то время, как столь большое внимание уделяется проблемам нововведений и предпринимательства, огромное сожаление вызывает отсутствие глубокого понимания этих процессов. Стоит ли удивляться трудностям, которые испытывают фирмы и правительства в попытках стимулировать инновации, если силы, приводящие их в движение, остаются неисследованными» [1]. Этот вывод не потерял актуальности и для текущего момента.

Узловой раздел моделирования в системе управления внедрением новых технологий связан с решением одной из основных задач управления – результат, достигаемый внедрением должен превышать затраты. Решение последней замыкается на использовании

численных экономических параметров в отрыве от качественных характеристик конкретного предприятия, например одна из последних работ [2], где предлагаются аналитические выражения для оценки эффективности инновационных проектов на основе (NPV, IRR и периода окупаемости).

К настоящему моменту отсутствуют доступные модели, представляющие числовую информацию и физическое проявление процесса управления внедрением в виде, удобном и адекватном для зрительного наблюдения, анализа и определения оптимального варианта.

2. Анализ литературных данных

По мнению ряда авторов, например [2, 3], предприятие является организацией, в которой осуществляется полный цикл, состоящий из производства продукции, ее реализации и воспроизводства израсходованных ресурсов за счет полученного от реализации дохода. Таким образом, предлагается концен-

трироваться, прежде всего, на материальной стороне предприятия, как объекте, производящем продукт и рассматривать ресурсы в виде капитала как материального фактора (основные и оборотные фонды) и человеческого труда [3].

Инновационный тип развития создает предпосылки для коренного изменения структуры и содержания моделей, учитывающих взаимосвязь производственных процессов и темпов их выполнения [4]. В современных условиях время как социально-экономическая категория выступает как ресурс в значительной мере определяющий цели организационно-хозяйственных систем [5–7].

Стремление выяснить особую роль времени в развитии процессов, происходящих в организационно-хозяйственных системах в условиях инновационного развития, приводит к ряду предположений, заслуживающих серьезного внимания [8, 9]. Дж. Уитроу, отстаивая мнение о реальности и объективности времени, отмечает, что: «Центральным пунктом дискуссии является статус «становления» или совершающегося, а также прошлого, настоящего и будущего; другими словами, тех черт времени, для которых не имеется пространственных аналогий» [10]. В этой связи визуализация моделирования управления в пространстве с включением параметра времени в качестве четвертого измерения является весьма актуальной задачей [11].

3. Постановка проблемы

Современное производство рассматривается как многофакторный процесс. Для наиболее точного прогнозирования влияния прогрессивных технологий на результаты производственной деятельности во времени ставится задача теснее связать труд и производственные фонды между собой и, в то же время, более рельефно выделить действие факторов в их взаимосвязи и взаимозависимости, повысить их информационную нагрузку и её разнообразие [3]. Такие требования неизбежно приводят к необходимости решения задачи управления в многомерном пространстве.

Четырехмерное пространство, объединяющее физическое трёхмерное пространство и время введено Е. Н. Лоренцем и развито Г. Минковским [12, 13]. Однако Фашевский А.Б. отмечает, что «Строго говоря, считать время четвертым измерением пространства нельзя, т.к. по правилам математики оно должно быть одновременно перпендикулярно всем трем имеющимся координатным осям» [14]. В тоже время он рассматривает один из вариантов визуализации четырехмерного пространства (рис 1), и, на наш взгляд, в качестве первого приближения эта конструкция для практики представляет определенный интерес.

Имеющийся опыт визуализации касается в основном математических зависимостей, сложных функций и функций с тремя переменными, в 4-D пространстве с помощью интерактивной среды, например, [15]. Однако этот опыт носит несколько абстрактный характер без привязки, к каким либо производственным или экономическим процессам.

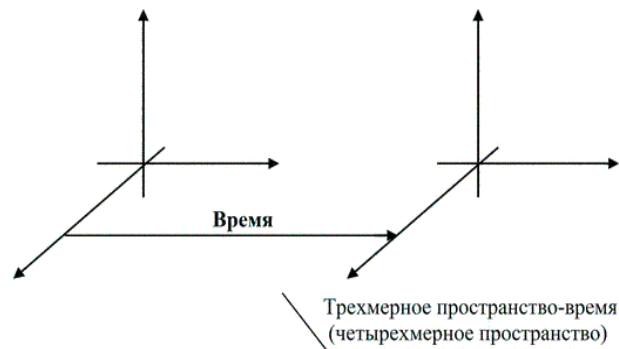


Рис. 1. Графическое изображение четырехмерного пространства

Целью исследования является визуализация процесса управления внедрением прогрессивных технологий в организационно-хозяйственной системе в четырехмерном пространстве на основе адекватных математических моделей, позволяющих учитывать не только количественные параметры производственного процесса, но и его качественные характеристики, развивающиеся во времени.

4. Моделирование процесса управления внедрением прогрессивных технологий

4. 1. Эконометрические аспекты визуализации процесса управления внедрением

Главная задача – наглядно представить процесс управления при внедрении прогрессивных технологий в трехмерном пространстве, развивающийся во времени. В качестве наиболее универсальной формы анализа функционирования организационно-хозяйственных систем предлагается использовать производственную функцию (ПФ) типа Кобба-Дугласа [3], например, вида:

$$Y = C_0 \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i}, \quad (1)$$

где Y – расчетный индекс (например, прибыль, объем продукции, объем работы и др. в натурально-вещественном или стоимостном выражении); $x_i, i=1, n$ – факторы (ресурсы), влияющие на Y (в натурально-вещественном или стоимостном выражении); $\alpha_i, i=1, n$ – «веса», характеризующие вклад x_i в Y ; C_0 – коэффициент, характеризующий совокупное влияние факторов, не учтенных моделью.

Рассмотрим трехмерную графическую модель (рис. 2) производственной функции (ПФ) вида (1). Функция наиболее доступна для понимания ввиду возможности ее наглядного представления в трехмерном пространстве. Кривые – $1Y$ и $2Y$ соединяют точки с одинаковыми численными значениями объемов работ. Их проекции – $1Y_1, 2Y_1, 1Y_2, 2Y_2, 1Y_3, 2Y_3$ – изокванты.

Как видно на рис. 2, из точки А, характеризуемой, например, объемом работ $1Y$, объем работ $2Y$ может быть достигнут на конкретном предприятии бесчисленным множеством сочетаний труда и прочих ресурсов. Например, точки В, С и D, показывающие некоторые варианты выхода на достижение объема работ, характеризуемого как $2Y$. В зависимости от возможностей предприятия, квалификации кадров, условий его

работы, цели, задач и других условий выбирается тот или иной вариант использования ресурсов.

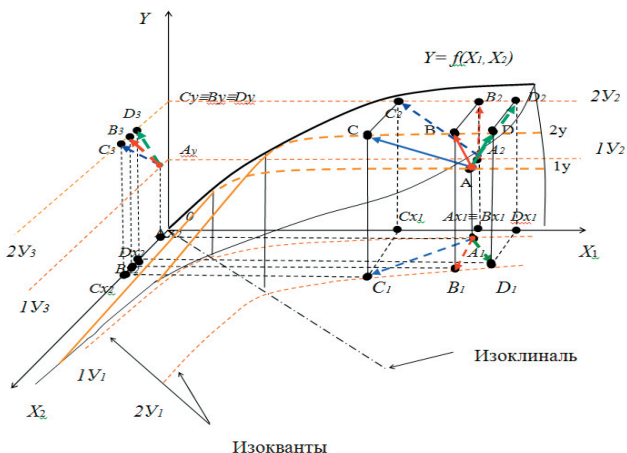


Рис. 2. Наглядное изображение, отображающее поверхность, описываемую двухфакторной производственной функцией с различными вариантами перемещения с уровня 1Y на 2Y

Рассмотрим три варианта выхода с 1Y на более высокий уровень 2Y, обеспечиваемый прогрессивной технологией. Рассмотрим векторы AB, AC и AD. Каждому из них соответствует свое сочетание использования производственных ресурсов: $V_{x1}, V_{x2}, C_{x1}, C_{x2}, D_{x1}, D_{x2}$. Будем считать оптимальным с математических позиций вариант AB, т.к. $AB \perp Y$ (к касательной в точке B) и является кратчайшим расстоянием между 1Y и 2Y.

Следует отметить, что каждой организационно-хозяйственной системы в силу специфических условий: квалификации кадров, состояния основных фондов, наличия и эффективности использования оборотных фондов, социально-экономических условий и др. факторов свойственна индивидуальная, присущая только конкретному предприятию система использования производственных ресурсов [15]. Поэтому управление, в котором в качестве критерия оптимальности принято кратчайшее расстояние между изоквантами, может рассматриваться для реального предприятия только как идеальный вариант.

В качестве примера рассмотрим ПФ двух организационно-хозяйственных систем (ОХС):

$$Y_1 = 2.231x_1^{1.123} \cdot x_2^{0.934} \cdot x_3^{0.567};$$

$$Y_2 = 1.037x_1^{0.672} \cdot x_2^{0.785} \cdot x_3^{0.467},$$

где x_1 – основные средства; x_2 – оборотные средства; x_3 – затраты труда.

Допустим, что у этих ОХС абсолютно одинаковые объемы ресурсов. Однако коэффициенты эластичности у первого предприятия больше чем у второго. Это свидетельствует о том, что ресурсы у первого предприятия используются более интенсивно, чем у второго. Кроме этого влияние факторов, не учтенных моделью – C_0 , на первом предприятии в два с лишним раза больше чем у второго. В конечном итоге получим $Y_1 > Y_2$. Подчеркнем – при совершенно одинаковых объемах затраченных ресурсов.

В этой связи любое внедрение нами предлагается рассматривать как алгебраическое введение в ПФ некоторых дифференциалов $dx_i, i = \overline{1, n}$, относительно соответствующих производственных факторов – x_i (ресурсов).

Такая постановка обусловлена необходимостью осуществлять при внедрении новой технологии либо приращение, либо сокращение ресурсов. Например, внедрение новой прогрессивной технологии предполагает увеличение основных фондов – x_1 . Тогда, как правило, использование высокопроизводительных машин и механизмов способствует увеличению потребления оборотных фондов – x_2 и, например, сокращению затрат на труд – x_3 . Следовательно, в ПФ необходимо ввести: $dx_1, dx_2, -dx_3$. Понятно, что эффективность освоения этих дифференциалов (приращений ресурсов) может быть различной в зависимости от качества управления процессом. Априори можно констатировать, что при всех прочих равных условиях введение в ПФ первого предприятия дифференциалов ресурсов $dx_i, i = \overline{1, 3}$ даст больший прирост ΔY , т.к. ресурсы в первом предприятии используются интенсивнее.

4. 2. Математическая модель обоснования внедрения

С позиции управления весьма важно определить заранее, будет ли внедряемая разработка влиять на характер развития производства (изменится ли он с экстенсивного на интенсивный, повысится ли степень интенсивности и т. д.), и что необходимо предпринять для наиболее эффективной её реализации.

Пусть (1) – некоторая производственная функция (ПФ). Очевидно, в зависимости от управления, освоение $dx_i, i = \overline{1, n}$, может идти по-разному. В общем случае коэффициент освоения

$$0 \leq \frac{dx_{i_{осв}}}{dx_i}, i = \overline{1, n} \text{ – для каждого из дифференциалов.}$$

Понятно, что высокий коэффициент освоения ещё не гарантирует целесообразность внедрения. Актуальным является вопрос о цене освоения вектора $\{dx_i\}, i = \overline{1, n}$. Возникает острая необходимость введения качественной характеристики процесса внедрения, оценки управления внедрением, что в свою очередь предполагает определенную эластичность замещения факторов $x_i, i = \overline{1, n}$. Заметим, что факторы $x_i = x_i(t), i = \overline{1, n}$ (t – время) являются, как правило, непрерывными функциями по t и для $t \in [t_0, t_i]$ определяют некоторую область G. Тогда управление (способ освоения $\{x_i, dx_i\}, i = \overline{1, n}$) можно представить траекторией в некотором фазовом пространстве с обобщенными координатами $x_i, i = \overline{1, n}$. Отметим, что функция (1) не имеет не только абсолютного максимума, но и локальных экстремумов. Поэтому самое лучшее, на что можно рассчитывать, если руководствоваться величиной индекса Y, выбирая ту или иную траекторию управления в области G, – это получить наибольшее ΔY при минимальных затратах $\{x_i, dx_i\}, i = \overline{1, n}$. Если обозначить через ρ некоторый показатель качества управления, то можно заметить, что $x_i, dx_i, \Delta Y, \rho$ – мультиколлинеарны и едва ли есть практический смысл в выяснении характера этих зависимостей в данной работе, хотя само по себе качество управления ρ должно учитывать взаимозависимость всех факторов.

Не будем рассматривать такие важные вопросы, как расчет предельной производительности труда, учет роста нейтрального технического прогресса, материального прогресса и т. д. Считаем, что все как перечисленные, так и не указанные факторы, вносят свой вклад в самый обобщенный показатель функционирования системы, а именно определяют положение кривой управления в области G, что в свою очередь определит «отстояние» её от некоторой фиксированной траектории $f_0(x_i)$, $i = \overline{1, n}$.

Если достаточно обоснованно выбрать $f_0(x_i)$, то «отстояние» от неё $f(x_i) = 0$, $i = \overline{1, n}$ соответствующей реальному «потреблению» ресурсов x_i , $i = \overline{1, n}$ можно рассматривать как оценку управления с позиции получений Y_{max} . Понятно, что вопрос должен быть рассмотрен в гильбертовом пространстве, где эта оценка получится естественно при задании соответствующей метрики.

Рассмотрим подробнее вопросы оценки целесообразности внедрения с точки зрения максимизации результата – индекса Y.

Как видно на рис. 2, из точки A, характеризуемой $1Y$, объем работ $2Y$ может быть достигнут на конкретном предприятии, для которого рассчитана ПФ, бесчисленным множеством сочетаний труда и прочих ресурсов, например, B, C и D. В зависимости от возможностей предприятия, условий его работы, цели и задач выбирается тот или иной вариант использования ресурсов.

Оптимальную траекторию, ведущую из точки $(x_i, 0)$, $i = \overline{1, n}$, определим как линию, касательные к которой в каждой точке совпадают с вектором ∇Y , т. е. обобщенные координаты векторов

$$\overline{dr}\{dx\}, i = \overline{1, n} \text{ и } \nabla Y \left\{ \frac{dy}{dx} \right\}, i = \overline{1, n}$$

должны быть пропорциональны.

Линеаризуя (1) получим:

$$z = \lg C_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i U_i,$$

где $z = \lg y, U_i = \lg x_i, i = \overline{1, n}$.

Выбирая соответствующие постоянные интегрирования, получим для оптимальной траектории:

$$n U_j - \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_j}{\alpha_i} U_i = 0,$$

где U_j – один из производственных факторов или «реальных» факторах:

$$x_j^{(0)} \left(\prod_{i=1, i \neq j}^n x_i^{\frac{\alpha_j}{\alpha_i}} \right) = \prod_{i=1, i \neq j}^n x_i^{\frac{\alpha_j}{\alpha_i}}. \quad (2)$$

Заметим, что $x_j^{(0)}$ есть функция аргумента t (время).

Пусть реальное управление (освоение производственных факторов) задано уравнением $x_j \equiv x_j(t)$ (ясно, что все $x_i, i = \overline{1, n}$ связаны через параметр t).

Тогда качество управления естественно рассматривать как меру отклонения x_j от $x_j^{(0)}$ в пространстве $L2(t_0; t_1)$, т.е. ввести ρ – следующим образом:

$$\rho(x_j^{(0)}, x_j) \equiv \rho = \left[\int_{t_0}^{t_1} (x_j^{(0)}, x_j)^2 dt \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (3)$$

Исходя из экономического смысла $x_j^{(0)}$ и x_j непрерывности функции

$$\int_{t_0}^{t_1} (x_j^{(0)}) dt < \infty, \int_{t_0}^{t_1} (x_j^2) dt < \infty,$$

т. е. функция $(x_j^{(0)} - x_j)$ – интегрируема, в конечном смысле на отрезке $[t_0; t_1]$. Аксиомы метрики, заданной формулой (2), выполняются очевидным образом:

$$\rho(x_j, x_j) = 0,$$

$$\rho(x_j^{(0)}, x_j^{(1)}) = \rho(x_j^{(1)}, x_j^{(0)}),$$

$$\rho(x_j, x_j) \leq \rho(x_j^{(1)}, x^{(3)}) + \rho(x_j^{(2)}, x^{(3)}).$$

Следовательно, пространство управлений является метрическим с метрикой (3). Учитывая экономический смысл метрики, величину $\rho(x_j^{(0)}, x_j)$ принимаем за характеристику качества управления x_j . Как указано ранее, внедрение рассматривается как воздействие, изменяющее $\{x_i\}, i = \overline{1, n}$ на $\{dx_i\}, i = \overline{1, n}$ т. е. как появление в системе вектора $\{x_i + dx_i\}, i = \overline{1, n}$. теоретический максимальный отклик Y_0 на вектор $\{dx_i\}, i = \overline{1, n}$ определяется из (1) с учетом соотношения:

$$(x_j + dx_j)^0 = \prod_{i=1, i \neq j}^n (x_i + dx_i)^{\frac{\alpha_j}{\alpha_i}}. \quad (4)$$

Естественно предположить, что в действительности отклик Y_R будет отличаться от Y_0 и притом тем больше, чем больше $\rho(x_j^{(0)}, x_j)$.

Y_R можно с достаточной точностью аппроксимировать функцией:

$$Y_R = \frac{a_0 Y_0}{1 + \rho(x_j^{(0)}, x_j) \frac{\Theta}{t_1 - t_0} \int_{t_0}^{t_1} \left(\sum_{i=1}^n \frac{\partial y}{\partial x_i} \frac{\partial x_i}{\partial t} \right) dt}, \quad (5)$$

где $0 \leq \Theta \leq 1$; a_0 – множитель, определяющий необходимую размерность правой части формулы.

Заметим, что $\lim_{\rho \rightarrow \infty} Y_R = 0; Y_R \rightarrow 0$ и при

$$\frac{\Theta}{t_1 - t_0} \int_{t_0}^{t_1} \left(\sum_{i=1}^n \frac{\partial y}{\partial x_i} \frac{\partial x_i}{\partial t} \right) dt \rightarrow \infty,$$

это вполне объяснимо с точки зрения геометрии гиперповерхности (1).

Пусть $S(dx), i = \overline{1, n}$ – затраты на внедрение

$Y^*=Y(x_i^*)$, $i=1, n$ – расчетный индекс после внедрения.

Тогда, очевидно, внедрение будет оправданным лишь при выполнении условия:

$$Y(x_i^*) = \frac{a_0 Y_0}{1 + \rho(x_j^{(0)}, x_j)} \frac{\Theta}{t_1 - t_0} \int_{t_0}^{t_1} \left(\sum_{i=1}^n \frac{\partial y}{\partial x_i} \frac{\partial x_i}{\partial t} \right) dt - S(dx_i), \quad (6)$$

т. е. расчетный индекс за вычетом затрат на внедрение должен превышать значение индекса до внедрения. Так как проверка условия (6) при известной ПФ осуществляется до начала внедрения, то появляется возможность оценить заранее целесообразность проектируемого вмешательства в систему, а также наметить пути увеличения YR за счет уменьшения $\rho(x_j^{(0)}, x_j)$.

4. 3. Обоснование четырехмерной визуализации управления при внедрении с помощью преобразований Лоренца-Минковского

По Минковскому положение события задается четырьмя координатами – тремя пространственными и одной временной. Обычно используются координаты: $x_1 = x, x_2 = y, x_3 = z$, где x, y, z – прямоугольные декартовы координаты события в некоторой инерциальной системе отсчета (ИСО) и $x^0 = ct$, где t – время события, c – скорость света в вакууме. Геометрические свойства четырехмерного пространства определяются выражением для квадрата расстояния между двумя событиями (интервала) s^2 :

$$s^2 = (dx^0)^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2, \quad (7)$$

где dx^2, dy^2, dz^2 – разности координат событий, а dt – разность их моментов времени. Пространство с таким s^2 – псевдоевклидово.

Для решения задачи управления в обобщенном четырехмерном пространстве выражение (7) может быть представлено как:

$$s^2 = (dx^0)^2 - dx_1^2 - dx_2^2 - dy^2, \quad (8)$$

где x_1 – труд; x_2 – фонды (основные и оборотные); y – объем выполняемых работ.

Тогда

$$x^0 = Qt,$$

где Q – условная максимальная производительность труда, q – производительность труда, характеризующая систему, в которой планируется внедрение, например, прогрессивной технологии.

При переходе от одной инерциальной системы отсчета (ИСО) к другой пространственные координаты и время преобразуются друг через друга посредством преобразований Лоренца. Известно, что система отсчета называется инерциальной, если по отношению к ней любая свободная от взаимодействий с другими объектами (изолированная) материальная точка движется равномерно и прямолинейно. В специальной теории относительности преобразованиям Лоренца подвергаются координаты (x, y, z, t) каждого события при переходе от одной ИСО к другой. Аналогично преобразуются координаты любого четвертого вектора [13].

С математической точки зрения преобразования Лоренца – это преобразования, сохраняющие неизменной метрику Минковского. Это значит, что последняя сохраняет при них простейший вид при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. Преобразование Лоренца – это аналог для метрики Минковского ортогональных преобразований, осуществляющих переход от одного ортонормированного базиса (базис, составленный из попарно ортогональных векторов) к другому или обобщением понятия движения в евклидовом пространстве. Общая группа преобразования состоит из комбинаций пространственных отображений во времени и преобразований, которые с физической точки зрения являются преобразованиями перехода от одной ИСО к другой [13]. Преобразование в плоскости с псевдоевклидовой метрикой является специфической чертой преобразования, что чрезвычайно важно для нашего исследования.

Преобразования в процессе управления осуществляются при коллинеарных пространственных осях, если ИСО K' движется относительно ИСО K с постоянной скоростью. В нашей задаче под скоростью мы понимаем производительность труда – q , характерной для условного предприятия, в котором планируется внедрение и Q – максимальная производительность труда, принятая в качестве эталона, характерная для наиболее прогрессивного предприятия. Начала координат совпадают в начальный момент времени в обеих системах [13].

Тогда прямые преобразования Лоренца для решения задачи управления в трехмерном пространстве и времени получают вид:

$$x'_1 = \frac{x_1 qt}{\sqrt{1 - \frac{q^2}{Q^2}}}, \quad x'_2 = x_2, \quad y' = y, \quad t' = \frac{t - \left(\frac{q}{Q^2}\right)x_1}{\sqrt{1 - \frac{q^2}{Q^2}}}. \quad (9)$$

Рассмотрим графическую модель (рис. 2) двухфакторной производственной функции (ПФ) в трехмерном пространстве. Допустим, вся совокупность возможных сочетаний ресурсов, результатов работ и управлений, формализованных поверхностью $Y = f(x_1, x_2)$ перемещается во времени, куда идут мировые линии материальных объектов, образуя какую-то гиперповерхность.

Тогда оптимальное управление, характеризуемое вектором AB , условно перемещаясь, образует плоскость $ABA'B'$, которая характеризует процесс управления во времени (рис. 3).

Для практических целей, допускаем относительную стабильность параметров производственной функции, тогда изменением функции $Y = f(x_1, x_2)$ во времени можно пренебречь [16]. На основании наших исследований установлено, что для современного уровня развития производства период времени, влиянием которого можно пренебречь, в данной модели принимается равным одному году. Изменения претерпевают параметры ресурсов и объемов работ во времени, зависящие от управления. Задача состоит в том, чтобы показать, как, реализуется управление при постоянно изменяющихся условиях выполнения работ, развивающихся во времени.

5. Апробация модели визуализации в пространстве 4D

Рассмотрим два частных варианта модели управления. Первый – идеальный. Рассмотрим перемещение вектора управления \overline{AB} во времени в пределах заданных параметров. Преобразования при коллинеарных пространственных осях осуществляется при перемещении с определенной скоростью (производительность труда – q), а начала координат совпадают в начальный момент времени в обеих системах. В результате перемещения без пространственных поворотов в заданной системе объекта $Y = f(x_1, x_2)$ образуются гиперповерхность и плоскость $\overline{ABA'B'}$. Тогда длина отрезка $\overline{A'B'}$, характеризующая проекцию вектора оптимального управления во времени, будет равна длине вектора характеризующего оптимальное управление \overline{AB} в соответствии с принятым критерием оптимальности.

Второй вариант. Внесем незначительное изменение в идеальную модель. Известно, что в силу влияния различных внешних и внутренних причин в реальных условиях, в управляемой и управляющей системах допускаются отклонения в параметрах управления.

Тогда, например, вектор \overline{CD} , под влиянием этих причин получит отклонение и, перемещаясь в пространстве производственных отношений и во времени, преобразуется в вектор $\overline{C'D'}$.

Параметры вектора управления \overline{CD} , построенного по указанному выше критерию оптимальности, получат искажение и его вид может быть представлен, например, как $\overline{C'D'}$. Положение $\overline{C'D'}$ не перпендику-

лярно $2Y'$ и, следовательно, $\overline{CD} \neq \overline{C'D'}$ и положение $\overline{C'D'}$ не соответствует принятому критерию оптимальности.

В реальных условиях перемещение вектора управления в пространстве производственных отношений во времени происходит по достаточно сложной траектории.

В силу совокупности факторов, влияющих на выполнение работ, не учтенных проектом, изменяющихся условий, запаздывания в реакции управляющей системы на изменения в процессе производства, в том числе и перерегулирование [17], и других причин траекторию перемещения вектора управления во времени в общем виде можно представить, например, рядом последовательных кривых.

Например, (рис. 4, а), вектор \overline{AB} под влиянием реальных условий, и реакции управляющей системы для компенсации отклонений от заданных параметров совершает колебания относительно заданного направления. Несмотря на эти процессы управляемой системе, удалось выйти на уровень $2Y$ в точке B' и $\overline{A'B'} = \overline{AB}$, что также видно на рис. 3.

На рис 4, б показано, что управляющая система не обеспечила решение задачи управления, связанной с выходом на $2Y$ по кратчайшему расстоянию в соответствии с принятым нами критерием оптимальности см. также рис. 3.

Между направлениями $\overline{CC'}$ и $\overline{DD'}$ образовался угол γ , характеризующий качество управления. Чем меньше угол γ , тем успешнее управление, что хорошо видно на рис 3 и 4, б.

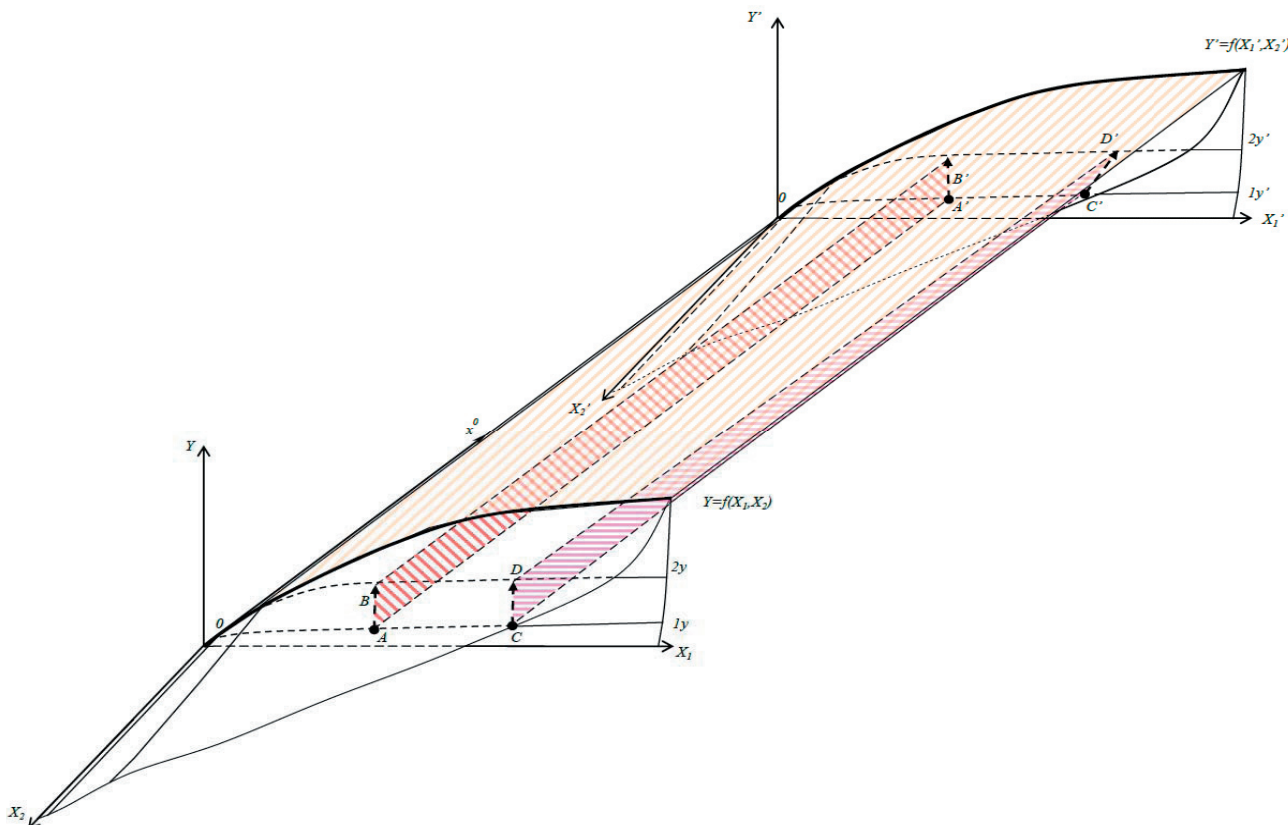


Рис. 3. Временные сечения пространства Минковского для векторов управления \overline{AB} и \overline{CD} (преобразования \overline{AB} в $\overline{A'B'}$ и \overline{CD} в $\overline{C'D'}$)

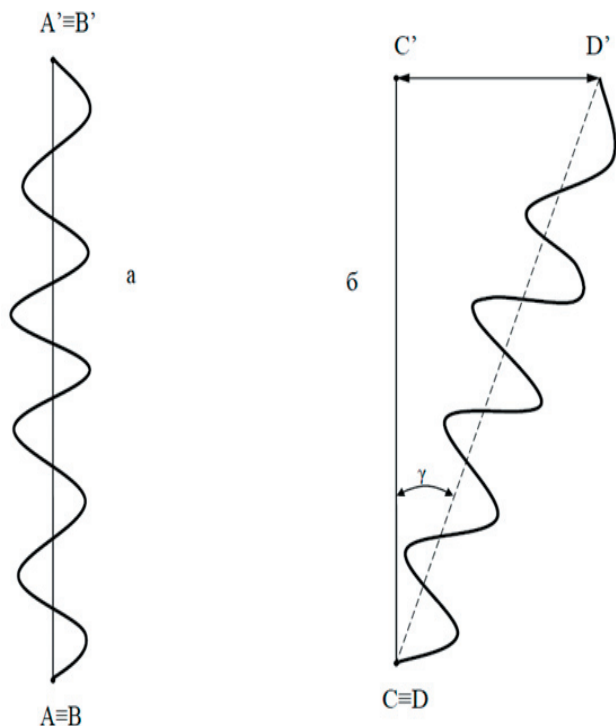


Рис. 4. Проекция траекторий перемещения векторов управления, отражающие реакцию управляющей системы на отклонения в функционировании управляемой системы: α – вектора \overline{AB} , β – вектора \overline{CD}

Визуализация в пространстве 4D открывает возможности для более полного исследования пространственных структур, не только объектов, но и процессов, протекающих в объектах, отражает важнейшие сведения о свойствах реальных и виртуальных объектов, связанных с производственной дея-

тельностью.

6. Выводы

Предложена математическая модель управления организационно-хозяйственной системой в условиях НТП, в которой внедрение рассматривается как алгебраическое введение в производственную функцию (ПФ) системы дифференциалов ресурсов. В качестве основы исследования принята графическая интерпретация функции вида $Y = C_0 \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i}$, позволяющая наглядно визуализировать совокупное влияние основных факторов производственного процесса. Модель позволяет рассчитать эффективность внедрения прогрессивной технологии для реальной организационно-хозяйственной системы, производственная деятельность которой кроме количественных параметров выражается и качественными характеристиками – и интенсивностью использования производственных ресурсов.

На основе преобразования Лоренца, как аналога для метрики ортогональных преобразований Минковского, обобщающих понятия движения в евклидовом пространстве сделана попытка графического изображения управления в четырехмерном пространстве, объединяющим физическое трёхмерное пространство и время.

Показано, что наглядное понимание процессов управления при внедрении новой технологии в пространстве 4D, играет важную роль не только как обладающее большой доказательной силой, но и для понимания, оценки и поиска оптимального управления. Результаты исследования представляют интерес при решении других технических задач с управляемыми процессами в пространстве 4D.

Литература

1. The competitive challenge: Strategies for industry [Text] / Innovation a. Wall. Cambridge (Mass.), 1987. – 3 p.
2. Харитонов, В. В. Аналитическая модель эффективности инвестиционных проектов в энергетике [Текст] / В. В. Харитонов, Н. А. Молоканов // Экономический анализ: теория и практика. – 2013. – № 16 (319). – С. 19.
3. Клейнер, Г. Б. Стратегия предприятия [Текст] / Г. Б. Клейнер. – М.: Дело, 2008. – 568 с.
4. Казарян, В. П. Понятие времени в структуре научного знания [Текст] / В. П. Казарян. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 225 с.
5. Боровик, В. С. Роль времени при прогнозировании результатов деятельности предприятия в условиях инновационного развития [Текст] / В. С. Боровик, Ю. Е. Прокопенко, А. С. Седова // Повышение долговечности транспортных сооружений и безопасности дорожного движения. – Казань, 2008. – С. 53–62.
6. Боброва, Т. В. Моделирование процессов формирования и модернизации производственных структур дорожно-эксплуатационных организаций [Текст] / Т. В. Боброва, М. С. Перфильев // Вестник МАДИ ГТУ. – 2006. – Вып. 7. – С. 53–60.
7. Drucker, P. F. Entrepreneurship and innovation [Text] / P. F. Drucker. – New York: Harper a. Row, IX, 1995. – 277 p.
8. Ярмолинский, В. А. Повышение эффективности использования производственных ресурсов в условиях неопределенности финансирования дорожных объектов [Текст] / В. А. Ярмолинский, А. М. Хакимов // Вести Тихоокеанского государственного университета. – 2011. – № 1. – С. 11–19.
9. Боровик, В. С. Прогнозирование точности расчетных параметров производственной функции при решении задач идентификации [Текст] / В. С. Боровик, Е. Ю. Зайцева // Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. научн. статей. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. – 2013. – Вып. 17. – С. 72–74.
10. Whitrow, G. J. The Natural Philosophy [Text] / G. J. Whitrow. – Published December 3rd by Oxford University Press, 1981. – 410 p.

11. Cohn-Vossen, S. Anschauliche Geometri [Text] / S. Cohn-Vossen, D. Hilbert. – Berlin: Verlag von J. Springer, 1932. – 325 p.
12. Minkowski, Hermann Geometrie der Zahlen [Text] / Hermann Minkowski. – Leipzig-Berlin: R. G. Teubner, 1910. – 320 p.
13. Carmeli, Moshe Group Theory and General Relativity, Representations of the Lorentz Group and Their Applications to the Gravitational Field [Text] / Moshe Carmeli. – McGraw-Hill, New York, 1977. – 311 p.
14. Фашевский, А. Б. Графическое изображение четырехмерного пространства [Электронный ресурс] / А. Б. Фашевский. – Режим доступа <http://khd2.narod.ru/authors/fshvsky/spc4d.htm>. – Дата обращения 30.12.14.
15. Yukihito, Sakai Four-dimensional Mathematical Data Visualization via “Embodied Four-dimensional Space Display System” Faculty 2 Research of Information Sciences and Arts, Toyo University, 2100 Kujirai, Kawagoe, Saitama [Electronic resource] / Sakai Yukihito, Shuji Hashimoto. – Available at: <http://www.scipress.org/journals/forma/pdf/2601/26010011.pdf>. – Last access 30.04.2014.
16. Терехов, Л. Л. Производственные функции. Статистика [Текст] / Л. Л. Терехов. – М., 1974. – 53 с.
17. Михайлов, В. С. Теория управления [Текст] / В. С. Михайлов. – Киев: Выща школа. Головное издательство, 1988. – 312 с.

У роботі був проведений аналіз змін кількості ущільнень у транспортних потоках на підходах до площі перехрестя зі світлофорним регулюванням за фазами та режимами регулювання продовж доби. Вказані зміни було формалізовано та запропоновано відповідну характеристику їх кількості у транспортних потоках на підходах до площі перехрестя зі світлофорним регулюванням на одному рівні

Ключові слова: потік транспортний, перехрестя, ущільнення додаткове, об'єкт світлофорний, сигнал заборонний

В работе был проведен анализ изменений количества уплотнений в транспортных потоках на подходах к площади перекрестка со светофорным регулированием по фазам и режимам регулирования в течение суток. Указанные изменения были формализованы и предложено соответствующую характеристику их количества в транспортных потоках на подходах к площади перекрестка со светофорным регулированием на одном уровне

Ключевые слова: поток транспортный, перекресток, уплотнение дополнительное, объект светофорный, сигнал запрещающий

УДК 656.13.05

ДОДАТКОВІ УЩІЛЬНЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ПІДХОДАХ ДО РЕГУЛЬОВАНОГО ПЕРЕХРЕСТЯ

А. В. Меженков

Асистент, аспірант

Кафедра «Транспортні технології»

Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ

„Донецький національний технічний університет”

вул. Кірова, 51, м. Горлівка,

Донецька обл., 84646

E-mail: ekar8481@mail.ru

1. Вступ

В Україні на сьогоднішній день за результатами обробки статистичних даних про дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) відбувається близько 2600 ДТП за рік [1, 2] на перехрестях доріг в одному рівні, що обумовлює актуальність рішення наукових задач, зв'язаних з удосконаленням безпеки руху транспортних засобів в області перехресть доріг.

Сучасні системи регулювання та управління дорожнім рухом на перехрестях доріг в одному рівні використовують інформацію про транспортні потоки, що наближаються до перехрестя, але більшість

ДТП відбувається в межах площі самого перехрестя. Вказане розкриває обмеженість відповідного збору та застосування вказаними системами інформації про рух транспортних засобів в області площі перехрестя, як місця концентрації ДТП та, як слідство, робота цих систем має обмежений ефект з точки зору безпеки руху.

Особливо вказані аспекти розкриваються в питаннях ефективності світлофорного регулювання з підвищення безпеки руху на перехрестях. Одним з найважливіших негативних явищ застосування світлофорного регулювання є створення ущільнень у транспортних потоках, за рахунок яких створюється