

Дополнительно к правилу вывода модальной временной логики R1 (правило отделения или *modus ponens*) введём следующие правила:

- R2 (правило асимметрии). Если, выводима формула  $p$ , то выводима и  $q$ , полученная из  $p$  путём замены индекса 1 у операторов  $G_i, L_i$  на индекс 2 и индекса 2 на индекс 1.

- R3. Если выводима формула  $p$ , то выводима и  $q$ , полученная из  $p$  путём замены оператора  $L$  на  $L_1$  или  $L_2$ .

- R4. Если выводима формула  $p$ , то выводима и  $q$ , полученная путём замены оператора  $M$  на  $G_1$  или  $G_2$ .

Практическое значение модальных логик (с точки зрения их использования для представления знаний) заключается в возможности преодоления свойственной исчислениям высказываний и предикатов статичности описываемых предметных областей [4].

Следовательно, имеются необходимые предпосылки для разработки методов формализации конфликта и взаимодействия целеустремлённых систем, что, в свою очередь, позволит создавать модели, реализующие процессы рефлексивного управления. В частности, рефлексивного управления преступными группировками в строгом конфликте. Применение таких моделей может в значительной степени повысить общую эффективность принятия решений в условиях взаимодействия нескольких целеустремлённых систем.

#### Список использованной литературы:

1. Мишин А.В. Принятие управленческих решений в организационных системах: теория и практика: монография / А.В. Мишин, С.А. Мишин – Воронеж: Изд-во Воронежского института МВД России, 2004. – 172 с.
2. Мишин С.А. Моделирование процессов целеполагания и тактического планирования в организационных системах (на примере подразделений вневедомственной охраны): Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18, 05.13.01 / С.А. Мишин. – Воронеж, 2005. – 275 с.
3. Мишин А.В. Основы теории формальных систем: построение моделей принятия решений / А.В. Мишин. – Воронеж: Изд-во ВИ МВД России, 2003. – 116 с.
4. Мишин А.В. Состав логических компонент прагматики интеллектуальной системы / А.В. Мишин, С.А. Мишин // Вестник Воронежского института МВД России. – 2014. – № 3. – С. 73-80.

© Мишин С.А., Мишин А.В., 2015

УДК 656.6

**Осипов Геннадий Сергеевич**

д. т. н., профессор СахГУ, г. Южно-Сахалинск, РФ

E-mail: GSOSipov@mail.ru

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ГРУЗОВЫХ ТЕРМИНАЛОВ

### Аннотация

Исследуется сложная система «судно-терминал». Строится модель системы, осуществляется ее моделирование и оптимизация по критерию суммарных приведенных затрат.

### Ключевые слова

Судопоток, терминал, моделирование, оптимизация.

Постановка задачи. При освоении нового грузопотока возникает проблема согласования параметров входящего потока судов и специализированных терминалов. Очевидно, оптимизация всей системы в целом требует учета противоречивых интересов двух сторон, участвующих в процессе.

Оптимизация расходов по терминалам может быть обеспечена при условии полного использования их пропускной способности, а минимизация судовой составляющей, связанная с сокращением простоя судов, может быть обеспечена, наоборот, лишь при наличии свободных резервов по терминалам, что, в свою очередь, снижает эффективность использования терминалов.

Исследуется обобщение задачи [1, с. 69] определения оптимальной пропускной способности терминалов по критерию суммарных (судно + терминал) приведенных затрат для обработки входящего судопотока (грузопотока).

На рисунке 1 представлена структура исследуемой системы, основными элементами которой являются входящий поток судов и специализированные терминалы, обеспечивающие грузообработку.

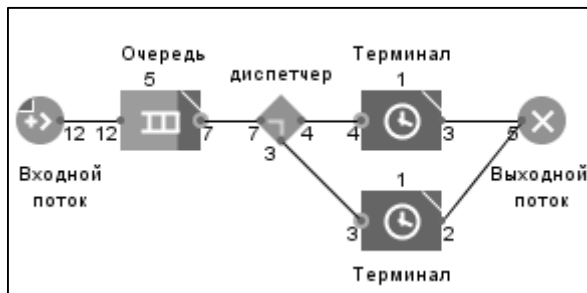


Рисунок 1 – Структура имитационной модели

### Математическая модель.

Оптимизационная (экстремальная) модель представлена в виде:

$$(D, f): f\left(\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}\right) = \sum_{j=1}^n \frac{1}{y_j} \left[ kZ_j^w(y_j) + Z_j^r(y_j) \cdot \left( \frac{1}{x_j} - k \right) + Z_s \cdot (1 + g_j + k_T) \right] \rightarrow \min$$

$$D = \left\{ \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^n : (x, y) \geq G, \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \leq \begin{pmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \end{pmatrix} \right\}.$$

где  $k$  – технологический коэффициент по терминалу;

$k_T$  – технологический коэффициент по грузовым операциям на судне;

$x_j$  – коэффициент загрузки  $j$ -го терминала;

$y_j$  – пропускная способность  $j$ -го терминала;

$Z_j^w$  – функция приведенных затрат по  $j$ -му терминалу во время работы;

$Z_j^r$  – функция приведенных затрат по  $j$ -му терминалу во время простоя;

$Z_s$  – приведенные затраты по судну;

$g_j$  – отношение времени ожидания в очереди к времени грузовых операций по судну;

$G$  – плановый грузопоток;

$n$  – число терминалов;  $j$  – номер терминала ( $j = \overline{1, n}$ ).

$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$  и  $\begin{pmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \end{pmatrix}$  – нижняя и верхняя граница изменения переменных  $x$  и  $y$ , соответственно;

$f$  – целевая функция – суммарные приведенные затраты по всей системе в целом;

$D$  – область допустимых решений.

### Имитационное моделирование и оптимизация.

Современные программные средства позволяют проводить имитационные эксперименты, обеспечивающие возможность исследования работы системы в целом при различных внешних воздействиях и внутренних состояниях. Это позволяет в интерактивном режиме с визуализацией определять в широком диапазоне возможные параметры системы массового обслуживания «судно-терминал» на базе парадигмы дискретно-событийного моделирования. Структура имитационной модели приведена на рисунке 1.

Параметрический анализ обеспечивает возможность исследовать влияние одного или нескольких параметров на целевую функцию. На рисунке 2 представлен фрагмент эксперимента, где представлена зависимость целевой функции от коэффициента загрузки одного из терминалов.

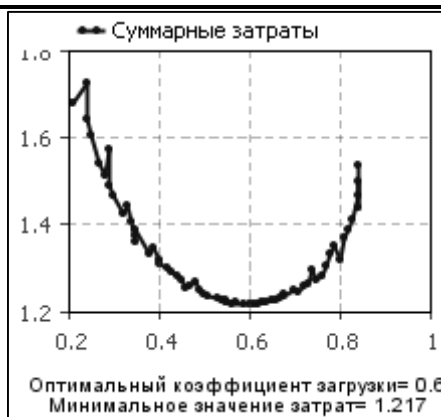


Рисунок 2 – Параметрический анализ

В исследуемой системе параметрами оптимизации являются пропускные способности терминалов и их коэффициенты загрузки, а целевой функцией – суммарные приведенные затраты. Оптимизация решения осуществляется поиском значений параметров, которые обеспечивают экстремум функции цели с учетом возможных ограничений на область допустимых состояний системы в целом. На рисунке 3 представлена принципиальная схема оптимизационной модели.

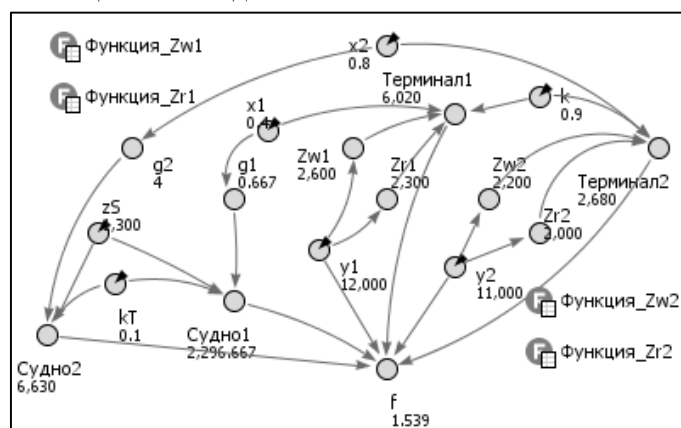


Рисунок 3 – Схема модели оптимизации

На рисунке 4 приведен фрагмент решения поиска оптимально решения

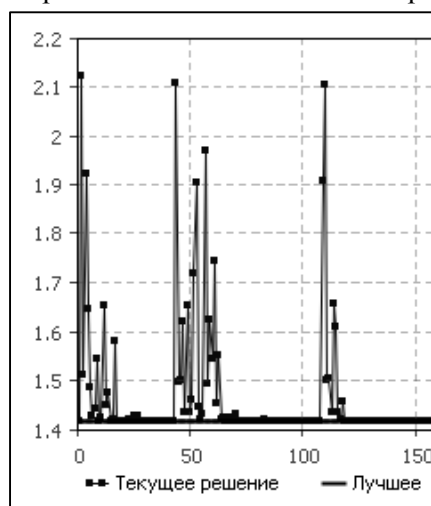


Рисунок 4 – Решение оптимизационной задачи

Исследования осуществлялись в системе AnyLogic [2]

Заключение.

Проведенное исследование – построение математической модели, синтез комплекс процедур имитации, параметрического анализа и оптимизации позволяет провести системное исследование проекта и количественно обосновать принятие решения по параметрам проектируемых или модернизируемых терминалов для обслуживания перспективного грузопотока.

#### Список использованной литературы:

1. Пьяных С.М. Экономико-математические методы оптимального планирования работы речного транспорта. М.: Транспорт, 1988, 253 с.
2. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5.0. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005, 400 с.

© Осипов Г.С., 2015

УДК 621.295:669.2/8

**Скачков Виктор Алексеевич**

канд. техн. наук, доцент ЗГИА, г.Запорожье, Украина

**Иванов Виктор Ильич**

ст. научн. сотрудник ЗГИА, г.Запорожье, Украина

**E-mail:** coloutmet@zgia.zp.ua

**Мосейко Юрий Викторович**

канд. пед. наук, доцент ЗГИА, г.Запорожье, Украина

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАССОПЕРЕНОСА ПРИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ ИОННЫХ РАСПЛАВОВ

### Аннотация

Решена система уравнений связанной задачи переноса заряженных частиц в ионном расплаве. Установлены условия образования новой фазы и движения ее фронта. Описано распределение диффундирующих атомов за фронтом новой фазы.

### Ключевые слова

Ионный расплав, электролиз, массоперенос, модель.

Для совершенствования структуры и свойств поверхности материалов широко применяют электролиз ионных расплавов.

В работах [1,2] рассмотрен массоперенос в объеме ионного расплава под воздействием электрического потенциала и вынужденной конвекции. В работе [3] предложена модель, описывающая распределение концентрации заряженных частиц по объему расплава в условиях неустановившегося процесса электролиза. Наиболее сложными являются процессы, протекающие в областях, непосредственно прилегающих к электродам [4].

Массоперенос электролитически активных частиц в объеме ионного расплава может быть описан уравнением:

$$\frac{\partial C_i}{\partial \tau} = D_i \cdot \nabla^2 C_i + \frac{z_i \cdot F \cdot D_i}{R \cdot T} \cdot \nabla (C_i \cdot \Delta \phi) - \vec{\mathfrak{Q}} \cdot \nabla C_i, \quad (1)$$

где  $C_i$ ,  $D_i$ ,  $z_i$  – концентрация частиц, коэффициент диффузии и заряд частиц сорта  $i$ , соответственно;  $\Delta \phi$  – градиент потенциала;  $\vec{\mathfrak{Q}}$  – скорость движения гидродинамического потока;  $F$  – число Фарадея;  $\tau$ ,  $T$  – время и температура процесса электролиза, соответственно.

При реализации электролиза по нормали к плоским электродам уравнение (1) можно записать как