

МАТЕРИАЛЫ

**XIV Международной Азиатской
школы-семинара
«ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ
СЛОЖНЫХ СИСТЕМ»
20 - 31 июля 2018 года**

ЧАСТЬ 1

**Кыргызская Республика
оз. Иссык-Куль
пансионат «Отель Евразия»**

Алматы 2018

Джолдасбаев С.К., Балакаева Г.Т., Айдаров К.А., Куламбаев Б.О., Даркенбаев Д.К.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ	193
Джумабаев Д.С., Минглибаева Б.Б.	ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ С ПАРАМЕТРОМ	200
Доброродный В.И., Седухина Г.Ф., Хайретдинов М.С.	СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКАЯ ЛОКАЦИЯ ВЗРЫВНЫХ ИСТОЧНИКОВ	207
Жайнаков А.Ж., Курбаналиев А.Ы., Калмурзаева А.Т., Сулайманова Г.К.	МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЁХМЕРНОГО НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ В КАВЕРНЕ	214
Жайнаков А.Ж., Курбаналиев А.Ы., Осконбаев М.Ч., Турганбаева А.Б.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УТИЛИТЫ SNAPPYNEHMESH ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ РАСЧЕТНОЙ СЕТКИ (на примере Сулейман горы г. Ош, Кыргызстан)	219
Жайнаков А., Усенканов Дж.О.	КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АНОДА СВАРОЧНОЙ ДУГИ	227
Жураев З, Сотволдиев Д.М.	ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ В НЕЧЕТКОЙ СРЕДЕ	236
Зоркальцев В.И.	ПРОБЛЕМЫ РЕФОРМИРОВАНИЯ КАЛЕНДАРЯ И ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ ДАТЫ НАЧАЛА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ГОДА	242
Исимов Н.Т., Мазаков Т.Ж., Карымсакова Н.Т., Жолмагамбетова Б.Р.	ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭПИДОБСТАНОВКОЙ	250
Искакова М.Т., Калижанова А.У., Тогжанова К.О., Набиева Г.С., Аманжолова К.Ы.	СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	258
Калдыбаева Г.А.	МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУМЕРНОЙ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОУПРУГОСТИ С ПЛОСКОЙ ГРАНИЦЕЙ	265

большой неопределенности и требует существенных уточнений текущих показателей
раза в год.

Более полно проблема выбора наилучшей даты начала экономического года
рассмотрена в брошюре [3]. Эта проблема обсуждалась в 2016-2017 гг. на
специальных научных семинарах в Институте Систем энергетике СО РАН,
Институте Математики СО РАН, в Вычислительном центре РАН, в Институте
экономики и организации промышленного производства СО РАН, в Дальневосточном
федеральном университете. На этих семинарах была получена общая поддержка
переноса даты начала экономического года в России с 1 января на другую дату.
высказаны участниками семинаров ряд интересных дополнительных соображений
пользу этой идеи.

Даты 1 октября или 1 апреля выбраны как наилучшие в рамках действующего
ныне мирового календаря. При реформировании, создании нового мирового
календаря можно рассматривать другие близкие моменты времени и даты,
привязанные к важным астрономическим событиям. В качестве таких моментов могут
служить дни осеннего (21–22 сентября) или весеннего равноденствия (21–22 марта).

*Исследования выполняются при финансовой поддержке программы ИИЦ СО РАН
Х1.174.1.4.*

Список литературы

1. Паршев А.П. Почему Россия не Америка. – М.: Крымский мост, 1999.
2. Зоркальцев В.И. Многолетние вариации температур и их влияние на
экономику и энергетику. – Новосибирск: Гео, 2017.
3. Зоркальцев В.И. Проблема выбора наилучшей даты начала экономического
года. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2016.

*Валерий Иванович Зоркальцев
д.т.н., в.н.с. Отдела региональных, экономических и социальных проблем
научного центра СО РАН; 664033, Иркутск; e-mail: zorkal@icp.sbras.ru*

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭПИДОБСТАНОВКОЙ

**Исимов Н.Т.¹, Мазаков Т.Ж.¹, Карымсакова Н.Т.²,
Жолмагамбетова Б.Р.²**

¹ *Институт информационных и вычислительных технологий КЭН ИСЭМ
г. Алматы, Казахстан*

² *Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы,
Казахстан*

Аннотация. В данной статье проанализированы проблемы мониторинга
управления социально-эпидемиологической ситуацией. Описана
математическая модель и алгоритм для решения поставленной задачи.
оптимальному управлению социально-эпидемиологической ситуацией в регионе.
Социальный эффект будет выражен в повышении безопасности

...ности людей. Как следствие будет обеспечена возможность проведения профилактических мероприятий на необходимых территориях.

Ключевые слова. Эпидобстановка, оптимальное управление, управляемость, нелинейная математика, лингвистическая переменная.

Введение

Одна из актуальных задач медицины состоит в своевременной профилактике эпидемических болезней с помощью медико-биологических и социально-экономических мер. Своевременность и действенность медицинских мероприятий может быть обеспечена лишь при условии хорошо разработанной системы прогнозирования, которая должна предсказывать эпидобстановку в исследуемом районе в зависимости от состояния многочисленных абиотических, биотических, социальных и других факторов

Первое применение математических методов при изучении эпидемий осуществлено Даниилом Бернулли в середине XVII века. Он впервые применил математический аппарат для оценки эффективности профилактических мероприятий против натуральной оспы.

Первые исследования в СССР были выполнены в 60-е годы академиком О.В. Лекмановым и профессором Л.А. Рвачевым [1]. Проблеме мониторинга, прогнозирования распространения различного вида эпидемий и их математическому моделированию посвящены исследования российских ученых [2-4].

В работе [5] разработана математическая модель, учитывающая динамику и влияние абиотических и биотических факторов, характеризующих обстановку в исследуемом очаге.

Постановка задачи. В статье исследуется оптимальное управление нелинейной системой, описываемой обыкновенными дифференциальными уравнениями

$$\dot{x} = f(x, u, t) \quad (1)$$

где $f(x, u, t)$ – n -вектор, элементы которого являются непрерывно дифференцируемыми функциями по своим аргументам, x – n -мерный вектор состояния системы, u – m -мерный вектор управления.

На управление даются ограничения

$$u(t) \in U = \{u(t): -L_i \leq u_i(t) \leq L_i, i = 1, m, t \in [t_0, t_1]\} \quad (2)$$

В работе [14] предложена математическая модель, характеризующая эпидемиологическую обстановку в исследуемом регионе. В предложенной математической модели используются следующие абиотические факторы:

- μ_1 – солнечная активность (числа Вольфа),
- μ_2 – температура (среднемесячная температура в исследуемом районе),
- μ_3 – суммарное количество осадков за месяц,
- μ_4 – максимальное суточное количество осадков за месяц,
- μ_5 – уровень подземных грунтовых вод,
- μ_6 – просачиваемость почвы;

Биотические факторы:

x_1 – общее количество носителей эпидемии (блох),
 x_2 – количество заразных носителей эпидемии,
 x_3 – общее количество переносчиков эпидемии (песчанок),
 x_4 – количество заразных переносчиков эпидемии.

Факторы $w_i, i = \overline{1,6}$ независимы. Значения факторов $w_i, i = \overline{1,3}$ в момент времени t определяются с помощью временных рядов. Значения факторов $w_i, i = \overline{4,6}$ определяются из геофизических данных по исследуемому району.

Динамика факторов $x_i (i = 1, 2)$ в момент времени t описывается уравнениями:

$$\dot{x}_1 = f_1(w)x_1 - f_2(w)x_1 - b_1u_1,$$

$$\dot{x}_2 = \mu_1x_2 \left(1 - \frac{x_2}{x_1}\right) - c_1x_2$$

где функция f_1 определяет рождаемость популяции, функция f_2 определяет смертность популяции в зависимости от абиотических факторов среды. Коэффициент μ_1 определяет вероятность заражения одной особи в единицу времени. Коэффициент c_1 определяет темп естественного оздоровления и смертность больных носителей.

Функцию рождаемости f_1 задается следующим образом:

$$f_1(w) = \sum_{i=1}^3 f_{1i}(w_i)$$

$$f_{1i}(w_i) = a_i e^{-\frac{(w_i - \widehat{w}_i)^2}{\sigma_i^2}}, i = 1, 3$$

Здесь \widehat{w}_i определяет наиболее благоприятное для жизнедеятельности носителя значение i -го абиотического фактора, σ_i – ширину интервала с центром в точке \widehat{w}_i , в котором возможна жизнедеятельность носителя. Численные значения параметров a_i и σ_i доступны из соответствующих справочников. Коэффициенты a_i определяют степень влияния i -го абиотического фактора на рождаемость носителя.

Функцию смертности f_2 выберем следующим образом:

$$f_2(w) = \sum_{i=1}^3 f_{2i}(w_i)$$

$$f_{2i}(w_i) = \beta_i \left(1 - \varepsilon e^{-\frac{(w_i - \widehat{w}_i)^2}{\sigma_i^2}}\right), i = 1, 2$$

$$f_{23}(w) = \beta_3 \left(1 - \varepsilon e^{-\frac{(w_3 - \widehat{w}_3)^2}{\sigma_3^2}}\right) / w_4.$$

В формулах (8)-(9) коэффициент ε определяет естественную смертность носителя. Коэффициенты β_i определяют степень влияния i -го абиотического фактора на смертность носителя.

Для прогнозирования значения факторов x_i ($i = 3, 4$) в момент времени t используется модель:

$$\dot{x}_3 = f_3(w)x_3 - f_4(w)x_3 - b_2u_2, \quad (10)$$

$$\dot{x}_4 = \frac{x_2}{x_1}x_4 \left(1 - \frac{x_4}{x_3}\right) - c_2x_4,$$

где функция f_3 определяет рождаемость, функция f_4 определяет смертность носителя в зависимости от абиотических факторов среды. Коэффициент c_2 определяет смертность больных переносчиков. Функции рождаемости f_3 и смертности f_4 соответственно соответствуют функциям f_1 и f_2 .

В отличие от модели Вольтерра в (3) – (10) задаются управления u_1 и u_2 , обеспечивающие противоэпидемиологические мероприятия. Коэффициенты b_1 и b_2 определяют степень влияния управления на динамику численности носителей и переносчиков.

Для модели (3)-(10) разработаны: алгоритмы идентификации параметров, доказано существование и решение соответствующей задачи для Коши при заданном управлении, на основе нечеткой и интервальной математики получен критерий управляемости.

Как видно, модель (3)-(10) полностью погружается в более общую модель (1)-

Основные результаты. Введем обозначения $f(x, u, t) = g(x, t) + Bu$, B – постоянная $(n \times m)$ -матрица, $g(x, t)$ – n -вектор, элементы которого являются непрерывно-дифференцируемыми функциями по своим аргументам.

Перепишем систему (1) в следующем виде

$$\frac{dx}{dt} = g(x, t) + Bu. \quad (11)$$

Состояние системы в начальный момент времени t_0 считается известным (начальное состояние системы в начальный момент времени t_0 (начальное состояние))

$$x(t_0) = x_0. \quad (12)$$

Желаемое состояние в конечный момент времени t_1 может быть описано как желаемое

$$x(t_1) = x_1 \quad (13)$$

или желаемое (удовлетворяющее некоторым условиям)

$$\sum_{j=1}^n c_{ij} x_j(t_1) \leq d_i, i = \overline{1, k}$$

при этом, момент времени t_1 фиксирован.

На количественные данные наложены естественные ограничения

$$x_i(t) \geq 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad t \in [t_0, t_1].$$

Для оценки качества работы системы могут выбран следующий критерий:

$$J = \int_{t_0}^{t_1} [u^*(t) R_0 u(t) + (x(t) - g(t))^* R_1 (x(t) - g(t))] dt,$$

где R_0 – положительно-определенная $m \times m$ -матрица, R_1 – неотрицательно-определенная $n \times n$ -матрица.

Рассматривается задача оптимального управления с фазовыми ограничениями (15), ограничениями на управление (2) с закрепленными (12), (13) или подвижными концами (12), (14). На настоящее время решение подобных задач содержит математических затруднений. В этой связи для практического решения задачи оптимального управления используется метод штрафных функций и градиентный метод.

Для учета фазовых ограничений (15) и ограничений на конец траектории (14)

введем функции штрафа $\Phi_{k1} = M_{k1} \sum_{i=1}^n \int_{t_0}^{t_1} [\max\{-x_i(t); 0\}]^2 dt$ и $\Phi_{k2} = M_{k2} \sum_{i=1}^n [x(t_1) - x_i]^2$

где $\{M_{k1}\}, \{M_{k2}\}$ некоторые заданные положительные последовательности, стремящиеся к бесконечности.

Построим новый функционал

$$J_k = \int_{t_0}^{t_1} \{u^*(t) R_0 u(t) + (x(t) - g(t))^* R_1 (x(t) - g(t)) + M_{k1} [\max\{-x_i(t); 0\}]^2\} dt + M_{k2} \sum_{i=1}^n [x(t_1) - x_i]^2$$

Заменим исходную задачу следующей: для заданного k найти оптимальное управление, минимизирующее функционал J_k при ограничениях (11), (12) и (13). Полученная задача является задачей оптимального управления со свободным правым концом и ограничением на управления. Для нее составим функцию Гамильтона

$$H_k = u^*(t) R_0 u(t) + (x(t) - g(t))^* R_1 (x(t) - g(t)) + M_{k1} [\max\{-x_i(t); 0\}]^2 + (g(x, t) + Bu(t))^* \psi_k$$

Предлагается следующий алгоритм решения.

Шаг 1. Пусть $k=0$.

Шаг 2. Вычисляется оптимальное управление для k -ой итерации

$$u_k = \begin{cases} -L & \text{если } R_0^{-1}B\psi_k < 0 \\ R_0^{-1}B\psi_k & \text{если } 0 \leq R_0^{-1}B\psi_k \leq u_{\max} \\ L & \text{если } R_0^{-1}B\psi_k > u_{\max} \end{cases} \quad (17)$$

Шаг 3. Решение сопряженной системы дифференциальных уравнений

$$\frac{d\psi_k}{dt} = -\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^* \psi_k - 2R_1(x_k(t) - g(t)) + M_{k1}[\max\{-x_{ki}(t); 0\}] \quad (18)$$

Шаг 4. Решение на конце

$$\psi_k(t_1) = 2M_{k2} \sum_{i=1}^n [x_k(t_1) - x_i]. \quad (19)$$

Шаг 5. Решение исходной системы (16) при начальных условиях (11).

Шаг 6. При найденных x_k и u_k вычисляется значение функционала J_k .

Шаг 7. Если $|J_k - J_{k-1}| \leq \varepsilon$ то переход к шагу 5, иначе $k = k + 1$ и переход к шагу 2. Здесь $\varepsilon > 0$ - требуемая точность вычисления).

Шаг 8. Найденная пара (x_k, u_k) является оптимальным решением.

Исходная задача рассмотрена при следующем предположении: значения всех внешних факторов соответствуют их оптимальным значениям. Таким образом, функции $f_i(w), i = 1, 4$ являются постоянными.

Расчеты для уравнений (3), (4), (10), (11) выполнены при следующих численных значениях параметров: $alf1=1$; $alf2=1$; $bet1=0.5$; $bet2=0.5$; $bk1=5$; $bk2=1$; $ck1=0.3$; $ck2=0.2$; $mk1=0.2$. Шаг интегрирования взят равным 0.05. В качестве начальной задана точка с координатами (80, 10, 30, 5). Время исследования выбрана равным $T=2.5$ единиц.

Разработанная программа выводит результаты численных расчетов в виде таблицы изменения параметров модели в текстовый файл и графика изменения целевой функции. При этом график можно сохранить в виде графического файла или распечатать на принтер.

На рисунке 1 представлен график изменения интервальной переменной x_1 при заданных ограничениях на управление: $7 \leq u_1 \leq 11$; $0 \leq u_2 \leq 10$. При заданных ограничениях на управление за время T систему по переменной x_1 можно привести в «желаемое» состояние.

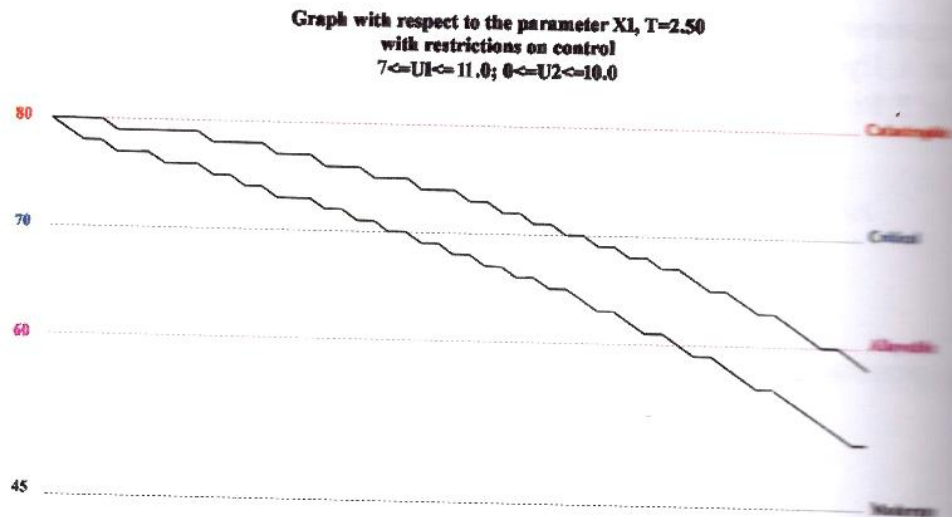


Рис. 1.

На рисунке 2 представлены графики изменения переменной x_1 при следующих ограничениях на управление: $7 \leq u_1 \leq 11$; $0 \leq u_2 \leq 10$ и двойного увеличения коэффициента штрафа M_{k2} при следующих итерациях в функционале $J_k = \int_{t_0}^{t_1} \{u_1^2(t) + u_2^2(t)\} dt + M_{k2} \sum_{i=1}^n [x(t_i) - x_i]^2$. При заданных ресурсах на управление за время T систему по переменной x_1 можно привести в «умеренное» состояние.

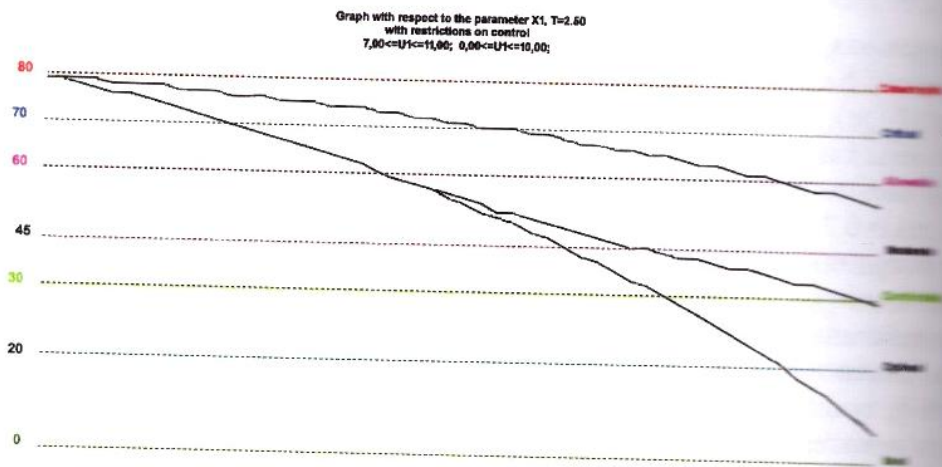


Рис. 2.

В таблице 1 приведен фрагмент табличных данных изменения параметра X_1 при увеличении штрафного коэффициента M . Как видно из таблицы уже при $M=1000$ вычислительный процесс стабилизировался и дальнейшее увеличение штрафного коэффициента приводит к улучшению результатов.

Таблица 1. Динамика изменения траектории x_1

α	M=1	M=2	M=4	M=8	M=16	M=32	M=64
$\alpha=0,15$	79,75	79,25	79,25	79,25	79,25	79,25	79,25
$\alpha=0,20$	79,49	78,48	78,48	78,48	78,48	78,48	78,48
$\alpha=0,25$	79,23	77,69	77,69	77,69	77,69	77,69	77,69
$\alpha=0,30$	78,96	76,89	76,89	76,89	76,89	76,89	76,89
$\alpha=0,35$	78,69	76,06	76,06	76,06	76,06	76,06	76,06
$\alpha=0,40$	78,40	75,21	75,21	75,21	75,21	75,21	75,21
$\alpha=0,45$	78,11	74,34	74,34	74,34	74,34	74,34	74,34
$\alpha=0,50$	77,82	73,45	73,45	73,45	73,45	73,45	73,45
$\alpha=0,55$	77,51	72,53	72,53	72,53	72,53	72,53	72,53
$\alpha=0,60$	77,20	71,60	71,60	71,60	71,60	71,60	71,60
$\alpha=0,65$	76,88	70,64	70,64	70,64	70,64	70,64	70,64
$\alpha=0,70$	76,55	69,65	69,65	69,65	69,65	69,65	69,65
$\alpha=0,75$	76,21	68,64	68,64	68,64	68,64	68,64	68,64
$\alpha=0,80$	75,87	67,61	67,61	67,61	67,61	67,61	67,61
$\alpha=0,85$	75,52	66,55	66,55	66,55	66,55	66,55	66,55
$\alpha=0,90$	58,86	38,07	16,58	16,58	16,58	16,58	16,58
$\alpha=0,95$	58,08	37,27	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25
$\alpha=1,00$	57,29	36,45	11,86	11,86	11,86	11,86	11,86
$\alpha=1,05$	56,47	35,61	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40
$\alpha=1,10$	55,63	34,75	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89

Приведенные результаты численного моделирования в виде графиков (рис.1-2) совпадают с реально ожидаемыми данными.

Легкость разработки программного обеспечения, алгоритмируемость структуры проверки условий теоремы показывает эффективность его применения.

Заключение

Впервые в теории управляемости рассмотрена динамическая модель распространения на правый конец на основе лингвистических переменных.

На основе метода штрафных функций и градиентного метода решена задача оптимального управления с ограниченными управлениями и закрепленными параметрами.

На основе решения модельной задачи показана эффективность полученных численных результатов.

Работа выполнена за счет средств грантового финансирования научных исследований на 2018-2020 годы по проекту АР05132044 «Разработка аппаратно-математического комплекса оценки психофизиологических параметров человека».

Литература

1. Бароян О.В., Рвачев Л.А., Иванников Ю.Г. Моделирование и оптимизирование эпидемий гриппа с условиях СССР, - М.: ИЭВ им.Н.Ф.Гамалеи, 1977 - 144с.
2. Романюха А.А. Математические модели в иммунологии и эпидемиологии инфекционных заболеваний. – М.: Бином, 2013. – 293с.
3. Бачинский А.Г., Низоленко Л.Ф. Универсальная модель локальных эпидемий, вызываемых возбудителями особо опасных инфекций //Проблемы особо опасных инфекций, 2014, вып.2 –с.44-47

4. Олсуфьев Н.Г., Дунаева Т.Н. Природная очаговость, эпидемиология и профилактика туляремии. – М.: Медицина, 1970. – 272 с.

5. Тойкенов Г.Ч., Мазаков Т.Ж. Применение математических методов в эпидемиологии // Вестник КазГУ. Матем., механ., информатика. № 4. – Алматы, КазГУ, 1996. с.184-189.

6. Тойкенов Г.Ч. "Математическое моделирование прогнозирования эпидемиологии" // Автореф. дисс., Алматы, КазНУ им. аль-Фараби, 1998. – 14 с.

Исимов Нурдаулет Токтарович - докторант КазНУ им. аль-Фараби

Мазаков Талгат Жакупович - доктор физико-математических наук, профессор КазНУ им. аль-Фараби

Карымсакова Нургуль Тлетаевна – докторант КазНУ имени аль-Фараби

Жолмагамбетова Бахытгуль Рысбековна – докторант КазНУ имени аль-Фараби

УДК 692

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Искакова М.Т.¹, Калижанова А.У.², Тогжанова К.О.³,
Набиева Г.С.³, Аманжолова К.Ы.³**

¹*Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан*

²*Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Республика Казахстан*

³*Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Республика Казахстан*

Резюме. В статье рассмотрены системы автоматизированного проектирования, реализующие информационную технологию выполнения функций проектирования, а также сделан обзор современных информационных технологий моделирования зданий.

Ключевые слова: Система автоматизированного проектирования, моделирование, твердое тело автоматизации, проектирование, объекты строительства, модель, archicad, revit, эксплуатация.

Система автоматизированного проектирования – это организационно-техническая система, для проектирования и выпуска проектной документации, которая в свою очередь реализует информационную технологию проектирования, автоматизирует процесс проектирования, и состоит из совокупности технических программных средств для проектирования, задействованного в процессе автоматизации.