

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

3 (301)

МАМЫР – МАУСЫМ 2015 ж.

МАЙ – ИЮНЬ 2015 г.

MAY – JUNE 2015

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН

ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі,

Мұтанов Г. М.

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнчечков Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

Г. М. Мутанов

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

G. M. Mutanov,
academician of NAS RK

Editorial board:

A.A. Ashimov, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

I.N. Vishnievski, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS**OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 105 – 111

**ON THE METHOD OF SOLVING THE PROBLEM OF PROCESS
CONTROL CALCIUM OIL RESERVOIRS AND SURFACE****Sh. Altynbekov**

South Kazakhstan State Pedagogical Institute, Shymkent, Kazakhstan

Keywords: mechanics, mathematics, management.

Abstract. When pumping oil out of deposits in accordance with the physical and mechanical properties of the Earth surface located above the oil-bearing bed, the Earth surface subsidence in the region of oil-producing complexes can be destructive. In order to prevent this process, a control function is proposed and the problems of managing the subsidence of oil stratum and Earth surface are solved. The preliminary analysis of the results of numerical modeling is performed.

УДК 624.131+539.215

**О МЕТОДИКЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБ УПРАВЛЕНИИ
ПРОЦЕССОМ ОСЕДАНИЯ НЕФТЯНОГО ПЛАСТА
И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ****Ш. Алтынбеков**

Южно-Казахстанский государственный педагогический институт, Шымкент, Казахстан

Ключевые слова: механика, математика, управление.

Аннотация. При откачке нефти из залежей в зависимости от физико-механического свойства земной массы, расположенной над нефтеносным пластом, оседания земной поверхности на территории нефтедобывающих комплексов могут быть разрушительными. В целях предотвращения этого процесса предложена функция управления и решены задачи по управлению процессом осадки нефтеносного пласта и оседаний земной поверхности. Приведен предварительный анализ результатов численных расчетов.

Введение. В настоящее время имеется немало работ по математической теории оптимального управления [1-3]. Теория оптимизации для систем с распределенными параметрами, описываемыми уравнениями с частными производными, стала разрабатываться уже после того, как были получены основные результаты в теории оптимизации для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Теория, изложенная в работах Л.С.Понтрягина, В.Г.Болтянского, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко [1] и М.Р.Хестенса [2], посвящена изучению следующих вопросов:

- получить необходимые условия экстремума;
- изучить структуру и свойства уравнений, выражающих эти условия для случая, когда Λ , называемой «моделью» системы, представляет собой обыкновенный дифференциальный оператор.

В многочисленных приложениях из-за сложности управляемых систем приходится отказаться от только что указанной математической модели и рассматривать в качестве Λ оператор с частными производными [3]. Именно этот случай мы изучаем в настоящей работе.

1. Задачи об управлении процессом оседания нефтеносного пласта. Задачи об управлении процессом оседания нефтеносного пласта и земной поверхности при откачке нефти тесно связаны с задачами об управлении давлением поровой жидкости.

Существуют многочисленные типы управления. В данной работе рассмотрим только два типа управления: управление на границе и управление внутри области. Последовательно рассмотрим эти типы управления.

1.1. Управление давлением на границе. Управление осуществляется так, чтобы давление $p(x, t)$ на границе Γ области Ω не понижалось с течением времени (например, подача жидкости через стенку). Функция $p(x, t)$ (давление) удовлетворяет внутри области $\Omega \times]0, T[$ уравнению уплотнения

$$\frac{\partial p}{\partial t} - C_v(x)\Delta p = f, \quad x \in \Omega, \quad t \in]0, T[, \quad (1)$$

или, в общем случае, уравнению

$$\frac{\partial p}{\partial t} + Ap = f, \quad (2)$$

где

$$A\varphi = -(a_{ij}(x)\varphi_{1j}), \quad (3)$$

а функции $a_{ij}(x)$ удовлетворяют условиям:

$$\begin{aligned} a_{ij}(x) &\in L^\infty(\Omega), \quad a_{ij}(x) = a_{ji}(x) \quad \forall_{i,j}; \\ a_{ij}(x)\xi_i\xi_j &\geq \alpha\xi_i\xi_i, \quad \alpha > 0, \quad \forall \xi_i \in R. \end{aligned} \quad (4)$$

Пусть, кроме того, при $q_1 = q_2$ задано начальное давление [4]

$$p(x, \tau_1) = p_0(r, t, \tau_1) = q_1 + \sum_{i=1}^{\infty} D_i(\tau_1) V_0 \left(\frac{\mu_i}{\sqrt{K_r}} r \right) \cdot ch \left(\frac{\mu_i}{\sqrt{K_z}} z \right). \quad (5)$$

Наличие и тип управления сказываются на форме граничных условий. В подтверждение этому приводим результаты исследования автором данной работы [5, 6].

Деформация неоднородных земляных масс, обусловленных их консолидацией, сильно зависит от типа краевых условий. Так, например, при граничных условиях, когда на границах массива земляной среды происходит свободный водообмен с окружающей средой (рисунок 1), так как растекание напора в однородной среде двухстороннего характера и незначительно, чем в неоднородном, осадок неоднородных грунтовых оснований в начальные моменты времени больше, чем у однородного, а со временем он становится гораздо меньше (1,1—5 раза), в зависимости от их физико-механических свойств (рисунок 2).

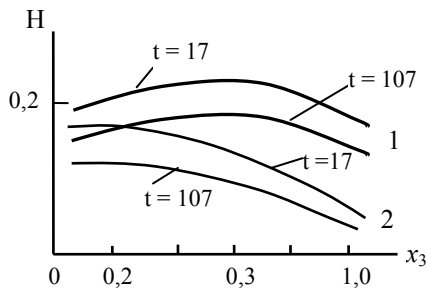


Рисунок 1 – Кривые изменения напора H по x_3 :
1 – однородная среда; 2 – неоднородная среда

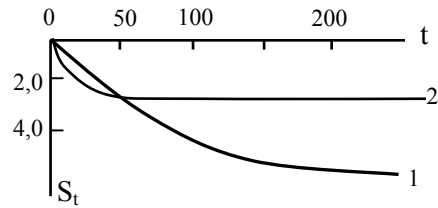


Рисунок 2 – Изменение осадки S_t (см) по t (сут)
от нагрузки $q = 2 \text{ кг/см}^2$
(условные обозначения те же, что и на рисунке 1)

В случае граничных условий, когда грунтовая вода свободно удаляется с боковых поверхностей массива земляной среды, а на нижних и верхних границах его происходит свободный водообмен с окружающей средой, так как давление в верхних слоях неоднородной грунтовой массы ниже атмосферного, а в нижних слоях достаточно больше, в начальные моменты времени происходит обратный процесс уплотнения – набухание грунта, а со временем оно затухает и может возникнуть осадок незначительного характера (рисунок 3).

При граничных условиях с водоупором на глубине и водонепроницаемыми стенками, так как давление в нижних слоях неоднородной грунтовой массы ниже атмосферного, то за счет растекания давления осадок основания в начальные моменты времени больше осадка, соответствующего пределу времени, что вызывает после некоторого времени явление набухания (рисунок 4).

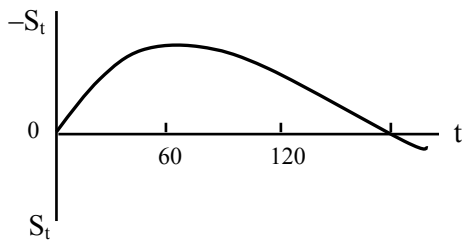


Рисунок 3 – Изменение осадки S_t
от нагрузки $q = 2 \text{ кг/см}^2$ при $\chi_1^{(1)} = \chi_2^{(1)}$

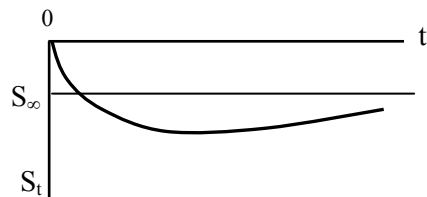


Рисунок 4 – Изменение осадки S_t (см)
от нагрузки $q = 2 \text{ кг/см}^2$ $\chi_1^{(1)} \neq \chi_2^{(2)}$

Исходя из вышеизложенного, можно прийти к выводу: искусственно создавая граничные условия, можно управлять процессом оседания нефтеносного пласта.

1.2. Управление давлением внутри области. Управление осуществляется так, чтобы давление $p(x, t)$ в области Ω не понижалось с течением времени (например, введением в Ω потока жидкости q_6). Количество жидкости q_6 , поступающей к нефтяной залежи из законтурной области пласта по условию управления, должно быть приблизительно равным количеству отбираемой нефти q_1 из месторождения, т.е. $q_6 \approx q_1$. Тогда задача об управлении процессом осадки нефтеносного пласта, согласно работе [4], может быть сведена к следующему виду

$$\frac{\partial p}{\partial t} = C_v(z) \left(K_z \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} + K_r \left(\frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} \right) \right) + \Phi(z, r, t), \tag{6}$$

$$p(z, r, t) = p_0(z, r) \text{ при } t = \tau_1, \tag{7}$$

$$p(z, r, t) = \alpha(t) p_0(z, r) \text{ при } \tau_1 < t < \infty, \tag{8}$$

$$p(z, r_0, t) = q_1, \quad p(z, R, t) = q_1, \quad (9)$$

$$\left. \frac{\partial p}{\partial z} \right|_{z=h} = 0, \quad \left. \frac{\partial p}{\partial z} \right|_{z=0} = 0, \quad (10)$$

где $C_v(z)$ и $\Phi(z, r, t)$ – известные функции [4].

В этой задаче определению подлежит функция (давления) $p(z, r, t)$ и функция $\varkappa(t)$. Функция $\varkappa(t)$ в рассматриваемом интервале времени $]\tau_1, \infty[$ непрерывна, положительна и ограничена снизу и сверху. Нас интересует те значения этой функции, которые лежат внутри полусегмента $]0, 1]$, т.е. $0 < \varkappa(t) \leq 1$.

Для решения поставленной задачи (6)-(10) вначале определим функцию давления $P(z, r, t)$, удовлетворив уравнению (6), начальному условию (7) и граничным условиям (9) и (10) [4]

$$P(z, r, t) = q_1 + \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} T_{ij}(t) V_0 \left(\frac{\mu_i}{\sqrt{K_r}} r \right) \cdot V_{\nu_i} \left(\frac{2\lambda_{ij}}{\alpha_7 \sqrt{K_z}} e^{-\frac{\alpha_7 z}{2}} \right), \quad (11)$$

$$T_{ij}(t) = \left(\int \Phi_{1ij}(t) e^{C_{v0} \lambda_{ij}^2 t} dt + D_{ij} \right) \cdot e^{-C_{v0} \lambda_{ij}^2 t}.$$

Затем удовлетворив условию (8), т.е. (5) и (11) подставив в (8), находим функцию $\varkappa(t)$:

$$\varkappa(t) = \frac{q_1 D_{1ij} + D_{2ij} e^{-\alpha_q t} + D_{3ij} e^{-C_{v0} \lambda_{ij}^2 t} + \frac{q_e}{C_{v0}} D_{4ij}}{q_1 D_{1ij} + \frac{q_0}{R} (A_q - B_q e^{-\alpha_q t}) D_{5ij} + D_{6ij}}. \quad (12)$$

Здесь $D_{1ij}, D_{2ij}, D_{3ij}, D_{4ij}, D_{5ij}$ и D_{6ij} – известные коэффициенты, определяемые в ходе решения задачи, а λ_{ij} – положительные корни уравнения составленного из комбинации функции Бесселя первого и второго рода.

Нетрудно заметить, что функция вида (12) в рассматриваемой задаче является функцией управления. Действительно, управление давлением внутри области Ω , управление процессом оседания нефтеносного пласта и земной поверхности на территории нефтедобывающих комплексов, в конечном счете, можно осуществить только с помощью функции $\varkappa(t)$, введением в Ω поток жидкости q_e , регулируемой посредством полупроницаемой перегородки или некоторым сервомеханизмом, согласно правилу (h – поле заданных давлений):

$$p > h \Rightarrow q_e = 0, \\ p = h \Rightarrow q_e \geq 0,$$

или

$$p > h \Rightarrow q_e = 0, \\ p \leq h \Rightarrow q_e = k(h - p).$$

где k (положительный скаляр) – мера проводимости стенки.

При $t \rightarrow \infty$ из (12) имеем

$$\varkappa_{\infty} = \frac{q_1 D_{1ij} + \frac{q_e}{C_{v0}} D_{4ij}}{q_1 D_{1ij} + \frac{q_0}{R} A_q D_{5ij} + D_{6ij}},$$

и откуда при $q_e = \frac{(q_0 A_q D_{5ij} + R D_{6ij}) C_{v0}}{R D_{4ij}} \varkappa_{\infty} = 1$.

Механический смысл этого числа означает: конечное давление в поровой жидкости равно начальному давлению; осадок нефтеносного пласта и оседания земной поверхности практически равны нулю.

1.3. Управление процессом оседания нефтеносного пласта. Управление процессом оседания нефтеносного пласта, вызванной весом земляного массива, расположенного над нефтеносным пластом $q(t, r)$ [7]

$$q(t, r) = \frac{q_0}{R} (R - \beta_q r) (A_q - B_q e^{-\alpha_q t}),$$

$$0 < \beta_q \leq 1, \beta_q r \leq R, 0 < A_q \leq 1, B_q \leq A_q, \alpha_q > 0, r_0 \leq r \leq R$$

можно осуществлять с помощью функции управления $\varkappa(t)$ по формуле

$$s(r, t) = \frac{3a_0(\alpha_1 + \alpha_2)}{(1 + \varepsilon_0)(1 + 2\xi_0)} (1 - \varkappa(t)) \times \\ \times \int_0^h e^{\alpha_5 z} \left\{ q_1 + \frac{q_0(A_q - B_q e^{-\alpha_q t})}{R} \cdot \sum_{i=1}^{\infty} B_{li} V_0 \left(\frac{\mu_i}{\sqrt{K_r}} r \right) \cdot \operatorname{ch} \left(\frac{\mu_i}{\sqrt{K_z}} z \right) \right\} dz. \quad (13)$$

Отсюда при $t \rightarrow \infty$

$$s_{\infty}(r) = \frac{3a_0(\alpha_1 + \alpha_2)}{(1 + \varepsilon_0)(1 + 2\xi_0)} (1 - \varkappa_{\infty}) \int_0^h e^{\alpha_5 z} \left\{ q_1 + \frac{q_0 A_q}{R} \cdot \sum_{i=1}^{\infty} B_{li} V_0 \left(\frac{\mu_i}{\sqrt{K_r}} r \right) \cdot \operatorname{ch} \left(\frac{\mu_i}{\sqrt{K_z}} z \right) \right\} dz, \quad (14)$$

и при $q_e = \frac{(q_0 A_q D_{5ij} + R D_{6ij}) C_{v0}}{R D_{4ij}}$ оседания нефтеносного пласта равен нулю, т.е. $s_{\infty}(r) = 0$, так

как в этом случае $\varkappa_{\infty} = 1$.

Нетрудно заметить, из (13) и (14) при $\varkappa(t) > 1$ происходит негативное явление – набухание нефтеносного пласта, что нежелательно в практике. А при $\varkappa(t) \rightarrow \infty$ (т.е. при $q_e \rightarrow \infty$) можно ожидать катастрофическое явление. Сила набухания нефтеносного пласта такова, что даже она может разрушить земную поверхность на территории нефтедобывающих комплексов.

2. Управление процессом оседания земной поверхности. В основу данного управления положены функция управления $\varkappa(t)$ и два уравнения:

$$\frac{1}{2(1 - \mu_0^2)r_0} \frac{d^2}{dr^2} \left[EJ(r) \frac{d^2 y}{dr^2} \right] = q(r) - p(r), \quad (15)$$

$$s(r) = C \int_{r_0}^{R_0} p(\eta) e^{-m|r-\eta|} d\eta \quad (16)$$

и закон распределения реактивного давления $p(r)$, удовлетворяющего двум основным условиям:

– прогибы полосы всюду по ее подошве должны совпадать с просадкой поверхности нефтеносного пласта полосой (рис. 5), т.е.

$$y(r) = s(r); \quad (17)$$

– реактивные давления и внешняя нагрузка на полосу должны удовлетворять условиям равновесия статики:

$$\sum Y = \int_{r_0}^{R_0} p(\eta) d\eta = Y_0; \quad (18)$$

$$M = \int_{r_0}^{R_0} \eta p(\eta) d\eta = M_0, \quad (19)$$

где $s(r)$ в (16) и (17) определены одной из формул (13), (14); Y_0 и M_0 – сумма вертикальных сил и сумма моментов всех внешних нагрузок относительно начального сечения полосы (рисунок 5).

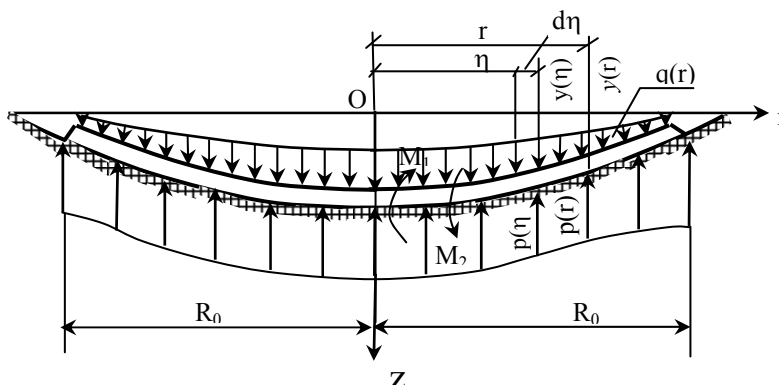


Рисунок 5 – Расчетная схема метода убывающей функции

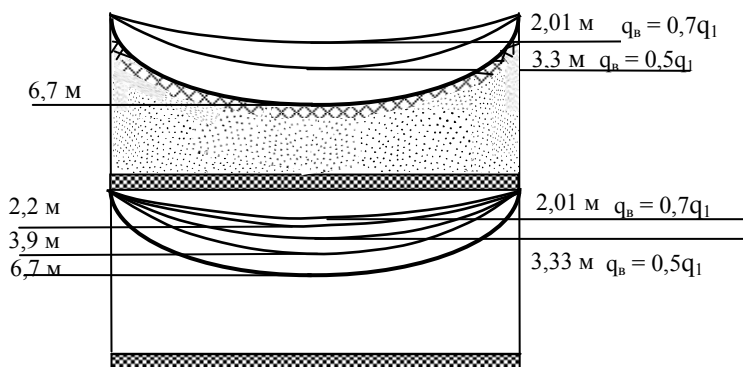
Далее, присоединяя к приведенным (15)-(19) систему алгебраических линейных уравнений [4]

$$a_0 f_{0k} + a_1 f_{1k} + \dots + a_{n-2} f_{n-2,0} = \bar{y}_{0k} + \Phi_k \quad (k = 0, 1, 2, \dots, n-2)$$

и решая ее, определены необходимые параметры управления процессом оседания земной поверхности.

3. Результаты предварительных расчетов. Согласно функции управления $\alpha(t)$ и по полученным результатам составлена программа для прогноза оседания нефтеносного пласта и земной поверхности на территории нефтедобывающего комплекса. Проведены предварительные расчеты на ПЭВМ. При расчете использованы те же исходные данные, что и в работе [4].

Результаты расчетов показали, что снижение оседания нефтеносного пласта и земной поверхности по сравнению с приведенным в [4] на 50-70%, в зависимости от введенного в Ω потока жидкости q_v (рисунок 6).



1. $A_q = 0.227$; $\beta_q = 0.525$; 2. $A_q = 0.339$; $\beta_q = 0.307$; 3. $A_q = 0.417$; $\beta_q = 0.209$;

Рисунок 6 – Оседание нефтеносного пласта и земной поверхности в зависимости от A_q, β_q и q_v

Этот показатель можно улучшить, решив специальные задачи для принятия экономически эффективных и конструктивных решений, согласующих с задаваемой функцией стоимости.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Наука, 1969.
- [2] M.R.Hestenes. Calculus of variations and optimal control theory. – Wiley, 1966.
- [3] Лионс Ж.-Л. Оптимальное управление системами описываемыми уравнениями с частными производными. – М.: Мир, 1972.

- [4] Алтынбеков Ш. К прогнозу осадки нефтеносного пласта и оседаний земной поверхности при откачке нефти из залежей // Тр. Всерос. конф., посв. 80-летию академика Е. И. Шемякина «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли». – Новосибирск, 2010.
- [5] Алтынбеков Ш., Дасибеков А.Д. О консолидации неоднородных грунтов // Проблемы механики. – Ташкент, 1995. – № 3-4.
- [6] Алтынбеков Ш., Джаманкараева М.А., Бекболатова С. Влияние краевых условий на характер осадки грунтовых оснований // Тез. докл. межд. конф. по дифференциальным уравнениям и динамическим системам. – М.: МИАН, 2010.
- [7] Алтынбеков Ш. Прогнозирование деформации территории нефтедобывающих комплексов // Вестник международного казахско-турецкого университета им. Х. А. Ясави. – Туркестан, 1998. – № 2.

REFERENCES

- [1] Pontryagin L.S., Boltyanskii V.G., Gamkrelidze R.V., Mishchenko E.F. *Mathematical theory of optimal processes*. M.: Science, 1969. (in Russ.).
- [2] Hestenes M.R. *Calculus of variations and optimal control theory*. – Wiley, 1966.
- [3] Lions J.-L. *Optimal control system is described by partial differential equations*. M.: Mir, 1972. (in Russ.).
- [4] Altynbekov Sh. *By forecast of rainfall and reservoir subsidence Earth's surface during pumping of the oil deposits*. Proceedings of National Conference dedicated to the 80th anniversary of Academician E. I. Shemyakin "Geodynamics and stressed state of the Earth's interior". Novosibirsk, 2010. (in Russ.).
- [5] Altynbekov Sh., Dasibekov A.D. *On consolidation inhomogeneous soils*. Mechanics problem. Tashkent, 1995. № 3-4. (in Russ.).
- [6] Altynbekov Sh. Dzhamankaraeva M.A., Bekbolatova S. *Influence of boundary conditions on the nature of the rainfall soil bases*. Abstracts of International Conference on Differential Equations and Dynamical systems. M.: MIAN, 2010. (in Russ.).
- [7] Altynbekov Sh. *Prediction of deformation of the oil-producing areas of the complexes*. International Kazakh-Turkish University named after H. A. Yasavi. Turkestan, 1998. №2. (in Russ.).

МҰНАЙЛЫ ҚАБАТ ЖӘНЕ ЖЕР БЕТІНІҢ ШӨГУ ПРОЦЕССИН БАСҚАРУ ЕСЕПТЕРІН ШЕШУ ӘДІСІ ТУРАЛЫ

Ш. Алтынбеков

Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық институты, Шымкент, Қазақстан

Тірек сөздер: механика, математика, басқару.

Аннотация. Кеннен мұнайды жер бетіне тартып шығарғанда мұнайлы қабат үстіндегі жер массасының физикалық және химиялық қасиеттеріне байланысты мұнай шығаратын комплекстер орналасқан жер бетінің шөгуі шектен тыс қауіпті жағдайға алып келуі мүмкін. Осы процессті болдырмау мақсатында, процессті басқару функциясы ұсынылады, мұнайлы қабат пен жер бетінің шөгу процессін басқару есептері шешіледі. Шешімдерге талдау келтіріледі.

Поступила 23.02.2015г.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

physics-mathematics.kz

Редактор *М. С. Ахметова*

Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 9.06.2015.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

15,7 п.л. Тираж 300. Заказ 3.