



Труды  
Одесского политехнического  
университета

---

**Научный  
и производственно-практический сборник  
по техническим и естественным наукам**

---

Вып.1 (13). 2001

---

Одесса

Министерство образования и науки Украины  
Одесский государственный политехнический университет

*Труды*  
**ОДЕССКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Научный и производственно-практический  
сборник

Вып. 1 (13). 2001

Одесса

Труды Одесского политехнического университета: Научный и производственно-практический сборник по техническим и естественным наукам. — Одесса, 2001. — Вып. 1 (13). — 292 с. — Яз. рус., укр.

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

*Малахов В.П.* — гл. редактор, *Алексеева Л.А.*, *Бельтюков Е.А.*, *Дащенко А.Ф.*, *Ефрюшина Н.П.*, *Иванова Л.А.*, *Кострова Г.В.* — зам. гл. редактора, *Кругляк Ю.А.*, *Куншенко Б.В.*, *Куценко А.Н.*, *Новиков В.М.*, *Новохатский И.А.*, *Плескач Л.О.* — отв. секретарь, *Продиус И.П.*, *Пуйло Г.В.*, *Соколенко В.Н.*, *Становский А.Л.*, *Харичков С.К.*, *Цабиев О.Н.*, *Ямпольский Ю.С.*

Сборник основан в 1996 году, зарегистрирован в Министерстве Украины по делам печати и информации 5 декабря 1996 года, свидетельство серии КВ № 2380

Печатается по решению Ученого совета Одесского государственного политехнического университета, протокол № 7 от 27.03.2001 г.

Компьютерную версию опубликованных материалов можно получить по адресу:  
<http://www.ospu.odessa.ua/>

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>МАШИНОСТРОЕНИЕ. ТЕХНОЛОГИЯ МЕТАЛЛОВ.....</b>	<b>7</b>
<i>В.П. Авдокушин, В.П. Самарай.</i> Реологічне моделювання ущільнення ливарних форм та стрижнів вібрацією.....	8
<i>Л.В. Прокопович.</i> Закон Дарси в екосистемі литейних отвалов.....	11
<i>П.А. Линчевский, Г.А. Оборский, А.А. Оргиян.</i> Колебания и точность в технологии машиностроения.....	14
<i>Н.М. Панкратов, Юсеф Абу Айаш.</i> Распределение напряжений в сварных металлоконструкциях.....	19
<i>И.В. Николенко.</i> Аналитическое определение потерь мощности в блоке цилиндров аксиально-поршневой гидромашины.....	21
<i>І.В. Кузьо, О.Е. Васильєва.</i> Вплив конструкційних параметрів зубчастої передачі на її динамічні перевантаження в процесі експлуатації.....	25
<i>С.С. Гутьря, О.Е. Попель.</i> Классификация альтернативных проектов передач зацеплением по техническому уровню.....	28
<i>А.Г. Деревянченко, И.И. Борисенко.</i> Диагностирование состояний контактных поверхностей режущих инструментов с использованием аппарата вейвлет-анализа.....	32
<i>В.Г. Лебедев, Н.Н. Клименко.</i> Количественный и качественный составы фаз и структур, формируемые в поверхностном слое детали из закаленной стали под действием температуры шлифования.....	35
<b>ЭНЕРГЕТИКА.....</b>	<b>39</b>
<i>Н.А. Фридман, М.В. Максимов, И.Г. Майсян.</i> Повышение экономичности эксплуатации АЭС за счет сокращения времени перегрузки ядерного топлива.....	40
<i>В.А. Дубковский, А.В. Голосенко.</i> Анализ концепций управления ресурсом ядерных энергоблоков.....	43
<i>В.Р. Никульшин, Л.П. Андреев, А.М. Андриященко.</i> Обобщенное уравнение теплоотдачи при свободном движении жидкости (газа) в большом объеме.....	46
<i>А.С. Мазуренко, Ф. Кишбаль.</i> Прогнозирование показателей надежности энергооборудования.....	48
<i>А.С. Гут.</i> Перспектива применения в условиях Украины газотурбинных установок с впрыском воды.....	51
<i>В.А. Кишневский, Ю.П. Буравчук, А.А. Силютин.</i> Химическая очистка энергетического оборудования от медных отложений.....	53
<i>Е.Е. Чайковская.</i> Диагностирование ситуации снижения качества топлива на уровне принятия решений.....	56
<i>А.В. Королев, В.П. Кравченко.</i> Методика классификации элементов трубопроводов по интенсивности эрозионно-коррозионного износа.....	60
<i>А.В. Королев, А.Н. Литвин.</i> Экспериментальное исследование шумов кипения на электрически обогреваемой проволоке.....	63
<i>В.И. Ковальчук, А.И. Любар, И.В. Лапчинская.</i> Приготовление регенерационных растворов в потоке.....	67
<i>А.П. Боровский, В.А. Кишневский, А.И. Пугачев.</i> Причины низкой эффективности схемы ступенчатого испарения.....	69

$dy^2$  — горизонтальна площа елемента.

Сила тертя по поверхні моделі та опоки визначається за формулою

$$Tt = \tau_1 \Pi dx = \zeta f \sigma \Pi dx,$$

де  $\tau_1$  — мірна сила тертя;

$\Pi$  — периметр шару;

$dx$  — товщина шару;

$\sigma$  — напруження, нормальні до поверхні стінки моделі та опоки;

$\zeta$  — коефіцієнт бічного тиску;

$f$  — коефіцієнт тертя суміші по поверхні стінки опоки або моделі.

Вимірювана сила тертя визначається як  $\tau_1 = \sigma \operatorname{tg} \psi$ , де  $\psi$  — кут зовнішнього тертя. Для внутрішнього тертя  $\tau_1 = \sigma \operatorname{tg} \phi$ , де  $\phi$  — кут внутрішнього тертя.

Розрахунок напруженого стану і деформацій здійснюється по зонах покровоко для заданого інтервалу часу  $\Delta T$ , послідовно для кожного виділеного шару суміші, після чого деформації  $N$  шарів додаються. Потім цикл повторюється для наступного інтервалу часу. Розрахунок зупиняється при вичерпанні заданого інтервалу часу вібрування або по досягненню найбільш можливого ущільнення суміші по всій висоті форми, тобто за умови  $\varepsilon = 0$ .

#### Література

1. Формовочные материалы и смеси / Дорошенко С.П., Авдокушин В.П., Русин К. и др. — К.: Вища шк., 1990.
2. Моделирование реологических свойств формовочных смесей / Авдокушин В.П., Дорошенко С.П., Сургучев Е.А. и др. // Литейн. пр-во. — 1986. — № 3. — С. 13.

Надійшла до редакції 9 жовтня 2000 р.

УДК 621.742:574

Л.В. Прокопович, канд. техн. наук

## ЗАКОН ДАРСИ В ЭКОСИСТЕМЕ ЛИТЕЙНЫХ ОТВАЛОВ

*Л.В. Прокопович. Закон Дарси в экосистеме ливарных відвалів.* Показано можливість застосування закону Дарсі для моделювання процесів фільтрації речовин, що розчиняються, у відвалах ливарного виробництва.

*L.V. Prokopovich. The Darcy's law in foundry dumps ecosystem.* The possibility of the Darcy's law application for modelling of filtration processes of the solutes in foundry dumps is shown.

Исследования экосистемы отвалов литейного производства показывают, что эта система находится в постоянном развитии, т.е. в ней имеют место процессы самоорганизации и самовосстановления [1]. Основную роль в этой динамике играют процессы фильтрации: атмосферные осадки, просачиваясь сквозь отвалы, образуют сточный водоем, вода из которого, в свою очередь, просачивается сквозь почву и т.д. При этом осадки вымывают из отвалов содержащиеся в них вредные химические вещества и соединения, что приводит к очищению самих отвалов, но загрязнению других элементов системы.

Такое представление о фильтрации влаги в данной экосистеме позволяет перейти к математическому описанию этих процессов.

Экспериментальные исследования фильтрации в природных грунтах обобщены в виде закона Дарси: потеря напора при фильтрации линейно связана со скоростью фильтрации. Соответствующее уравнение имеет вид [2]

$$u_{\text{ф}} = K_{\text{ф}} i, \quad (1)$$

где  $u_{\text{ф}}$  — скорость фильтрации, м/с;  
 $K_{\text{ф}}$  — коэффициент фильтрации, м<sup>2</sup>;  
 $i$  — гидравлический уклон, 1/(с·м).

С учетом гидравлического уклона формулу (1) можно представить в виде [2]

$$u_{\text{ф}} = K_{\text{ф}} \frac{\Delta P}{l \mu}, \quad (2)$$

где  $\Delta P$  — перепад давления на участке длиной  $l$ , Па;

$\mu$  — коэффициент вязкости фильтрующегося вещества, Па·с.

Одной из особенностей теории фильтрации является преимущественное развитие гидротехнического направления. В связи с этим экспериментальные исследования проводились, как правило, при фильтрации воды сквозь песчаные грунты. Для этого случая коэффициент фильтрации можно вычислить по эмпирической формуле Козени-Кармана [3]

$$K_{\text{ф}} = \frac{\Pi^3}{120(1 - \Pi)^2} d_e^2, \quad (3)$$

где  $\Pi$  — пористость грунта;

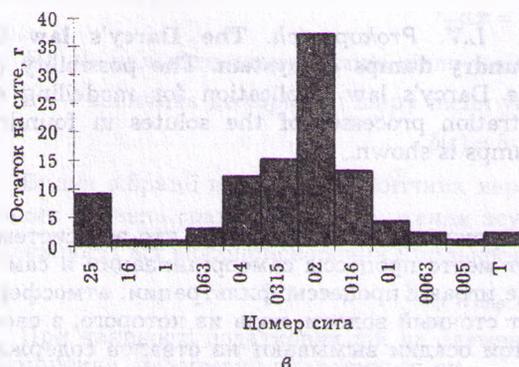
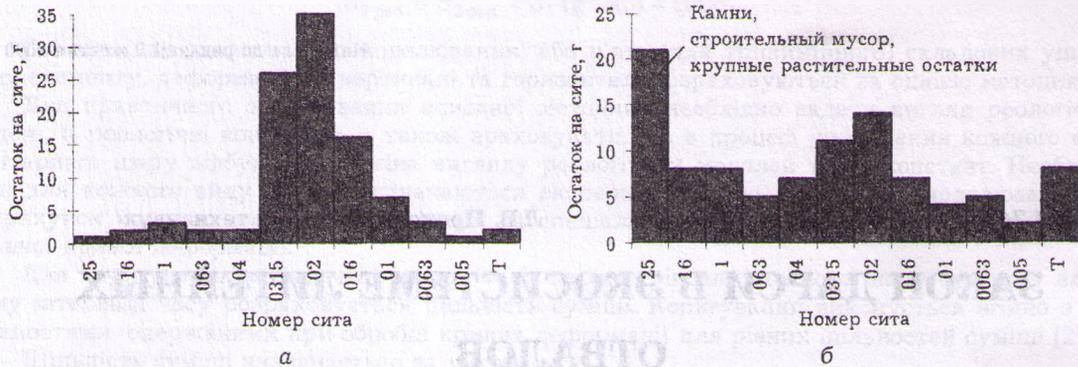
$d_e$  — эффективный диаметр частиц грунта, м.

$$d_e = \Sigma d_i m_i, \quad (4)$$

где  $d_i$  — средний размер частицы в  $i$ -й фракции, м;

$m_i$  — массовая доля  $i$ -й фракции.

Ситовой анализ литейных отвалов одесского завода "Центролит" показывает, что независимо от времени отсыпки они имеют основную фракцию 0315-02-016 (см. рисунок).



Гистограммы  
 гранулометрического состава  
 литейных отвалов:  
 а — 5-летних; б — 20-летних;  
 в — 30-летних

Зерновой состав 20-летних отвалов существенно отличается от состава остальных отвалов, что нарушает (не демонстрирует) ожидаемую закономерность. Это объясняется тем, что в данный период завод работал по другим технологиям, предусматривающим использование песков с крупной (для форм) и мелкой (для стержней) основными фракциями. В результате

на отвалах отработанные смеси смешались и их зерновой состав практически равномерно распределился по фракциям.

Для крупного завода, обычно работающего на однородном, унифицированном сырье, эта ситуация не совсем характерна. Но именно она позволяет говорить об объективности предлагаемой модели для любых отвалов, не зависимо от сырья и технологий, применяемых на различных литейных предприятиях.

Седиментационный анализ отвалов показывает, что 5-летние отвалы содержат около 6 % глинистой составляющей, 20-летние — 42 %, 30-летние — 15 %. Кроме того, с увеличением времени нахождения отвалов в природных условиях в них накапливаются примеси органического происхождения и илестые частицы. Следовательно, свежие литейные отвалы можно отнести к чистым песчаным грунтам, а старые — к загрязненным.

В целом исследования показывают, что со временем отвалы становятся химически более чистыми, но загрязняются механически (примесями).

Кроме того, ситовой анализ показывает, что отвалы относятся к категории А, т.е. обладают высокой газо- и водопроницаемостью. С учетом характеристики отвалов как реальной пористой среды закон Дарси можно записать в виде

$$u_{ф.от} = \frac{\Delta P \cdot K_{от}}{\mu \cdot \Pi_{от}}$$

где  $u_{ф.от}$  — скорость фильтрации вещества в системе отвалов, м/с;

$K_{от}$  — коэффициент проницаемости отвалов, м<sup>2</sup>;

$\Pi_{от}$  — пористость отвалов.

В таком представлении закон Дарси может входить в более общие модели, описывающие процессы массообмена. Например, в соответствии с законом сохранения массы пути рассеивания, диффузии и миграции веществ в системе литейных отвалов можно описать как [4]

$$\frac{\partial c_{от_i}}{\partial t} + \text{div}(\partial c_{от_i} \bar{u}_{ф.от}) = K(c_{от_i}) + R(c_{от_i}) + S(c_{от_i}) + \sum_j I_{ij}(c_{от_i}, c_{от_j}),$$

где  $c_{от_i}$  — концентрации вещества в  $i$ -й точке системы отвалов;

$t$  — момент времени определения концентрации;

$K, R, S$  — корреляционные функции;

$I$  — критерий, учитывающий параметры, неподдающиеся регулированию.

Таким образом, основываясь на законе Дарси, можно выстраивать математическую модель процессов фильтрации в экосистеме литейных отвалов.

## Литература

1. Иванова Л.А., Прокопович Л.В. Процессы самоорганизации в экосистеме литейных отвалов // Материалы науч.-техн. конф. "Экологичность технолог. процессов и охрана окружающей среды". — Одесса, 1997. — С. 75 — 79.
2. Швецов Г.И. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты. — М.: Высш. школа, 1987.
3. Серебро В.С. Основы теории газовых процессов в литейной форме. — М.: Машиностроение, 1991.
4. Прокопович Л.В., Прокопович И.В. Комплексный подход в методологии моделирования экосистемы литейных отвалов // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 2000. — Вып. 2(11). — С. 10 — 12.

Поступила в редакцию 4 октября 2000 г.

*Труды*  
**ОДЕССКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Научный и производственно-практический  
сборник

Вып.1 (13). 2001

*Машиностроение. Технология металлов*

*Энергетика*

*Компьютерные и информационные сети и системы.*

*Автоматизация производства*

*Электроника. Радиотехника. Средства телекоммуникаций*

*Проблемы фундаментальных и прикладных наук*

*Химия. Химтехнология*

*Экономика*

*Гуманитарные науки*

Редакторы

Кострова Г.В.

Мозель Л.Н.

Плескач Л.О.

Компьютерная верстка

Прокопович И.В.

Корректор

Прокопович Л.В.

Адрес редакции: Украина,  
65044, Одесса-44,  
просп. Шевченко, 1,  
ОГПУ, комн. 313

---

Сдано в набор 10.04.2000 Подписано в печать 25.04.2000 Ризографическое издание.  
Бумага КУМ СОРУ. Формат 60×88/8. Тираж 300 экз. Цена договорная.  
Усл.-печ. л. 36,5

---

ОТПЕЧАТАНО В ТИПОГРАФИИ «ТЭС»  
г. Одесса, ул. Канатная, 81/2, т. 42-90-98, 42-89-72