

Предложенный алгоритм позволяет моделировать распределение  $t$  для случая, когда аргумент  $a$  в формуле (1) подчиняется аномальному распределению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Волков Д. П., Николаев С. Н. Надежность строительных машин и оборудования.— М.: Высш. шк., 1979.— 400 с. [2]. Соболев И. М. Метод Монте-Карло.— М.: Наука, 1978.— 64 с.

Поступила 24 июня 1993 г.

УДК 624.131 : 630\*864

*А. Л. НЕВЗОРОВ, Д. Д. КОЗМИН, Г. В. СЕВЕРОВА, В. В. КОПТЯЕВ*



Невзоров Александр Леонидович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов Архангельского государственного технического университета. Имеет 50 печатных работ в области инженерной геологии и фундаментостроения.



Козмин Дмитрий Дмитриевич родился в 1937 г., окончил в 1961 г. Одесский институт инженеров морского флота, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов Архангельского государственного технического университета. Имеет 42 печатные работы в области инженерной геологии и фундаментостроения.



Северова Галина Витальевна родилась в 1961 г., окончила в 1984 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры строительного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет 12 печатных работ в области технологии и организации строительства.

Коптяев Виктор Викторович родился в 1971 г., окончил в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, стажер-исследователь кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов Архангельского государственного технического университета.



## ИССЛЕДОВАНИЕ УПЛОТНЯЕМОСТИ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА

Приведены результаты опытов по уплотнению гидролизного лигнина циклической нагрузкой. Получены значения его коэффициента фильтрации при различной степени уплотнения.

The experiments results of hydrolysis lignin packing by cyclic load are given. The values of its filtration coefficient at different packing degrees have been obtained.

Гидролизный лигнин относится к отходам целлюлозно-бумажного производства. Его отвалы достигают сотен тысяч кубических метров. Лигнин используют в строительстве в качестве теплоизолирующих слоев при устройстве малозаглубленных фундаментов, для изготовления стеновых блоков, а также при устройстве автодорожных насыпей на пучинистых грунтах и т. п. [1, 2]. На Онежском гидролизном заводе Архангельской области в настоящее время возводят ограждающую дамбу зооотвала, часть тела которой отсыпают из лигнина [4]. Основные физико-механические свойства указанного материала были изучены нами ранее при разработке проекта дамбы [5]. Однако в процессе ее возведения возникли проблемы, связанные с уплотнением этого необычного органического техногенного грунта и, как следствие, с точным прогнозом фильтрационных потерь через дамбу. Поэтому нами были проведены дальнейшие исследования уплотняемости гидролизного лигнина при динамических воздействиях и его водопроницаемости при различной степени уплотнения. Результаты этих исследований приводятся в настоящей статье. Они будут полезны также при проектировании теплоизолирующих слоев в основании сооружений и разработке технологии изготовления строительных изделий из лигнина.

Испытания по уплотняемости грунтов выполняют обычно на приборе СоюздорНИИ с помощью свободно падающего груза [3]. Результаты испытаний лигнина в этом приборе приведены на рис. 1, где  $\rho_d$  — плотность «сухого» грунта, определяемая как отношение массы твер-

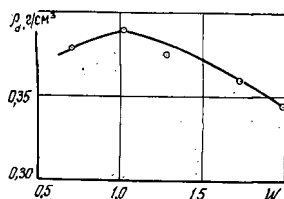


Рис. 1. Зависимость плотности ( $\rho_d$ ) от влажности ( $W$ ) по результатам испытания лигнина в приборе СоюздорНИИ

дых частиц к объему грунта. При влажности  $W = 1,02$ , которую здесь называют оптимальной, удалось достичь максимального значения  $\rho_d^{\max} = 0,39$  г/см<sup>3</sup>. Однако, как показала практика возведения грунтовых сооружений и в частности ограждающей дамбы на Онежском гидролизном заводе, часто не удается приблизиться к полученным на приборе СоюздорНИИ значениям плотности. Это происходит из-за несоответствия энергии уплотнения грунта падающим грузом в приборе и в реально применяемых строительных механизмах. К сожалению, корректировка методики лабораторных исследований в зависимости от имеющихся в наличии уплотняющих механизмов нормами не предусмотрена.

Нами использована методика лабораторных испытаний, разработанная ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева применительно к уплотнению грунтов пневмокатками и автосамосвалами [6]. По этой методике производят циклическое загрузку образцов различной влажности в компрессионных приборах. В каждом цикле нагрузку прикладывают на 0,5... 1,0 с, а затем снимают на 60 с. Число циклов принимают равным 10. В наших опытах уплотняющее давление составляло 50... 500 кПа. Все опыты выполняли в шестикратной повторности. Для каждого давления получены зависимости  $\rho_d = f(W)$ , приведенные на рис. 2.

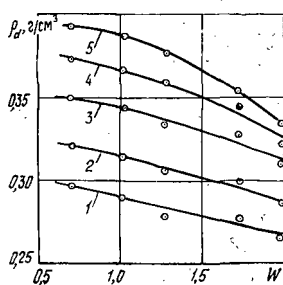


Рис. 2. Результаты уплотнения лигнина в компрессионном приборе при циклическом приложении давления: 1 — 50; 2 — 100; 3 — 200; 4 — 300; 5 — 500 кПа

При разработке проекта производства работ следует иметь в виду, что максимальное уплотняющее давление, создаваемое пневмокатками или автосамосвалами на твердой поверхности, находят по формуле [6]

$$P = 1,44N/b^2,$$

где 1,44 — коэффициент, учитывающий эллипсовидность площади контакта колеса с поверхностью уплотняемого грунта;

$N$  — нагрузка на колесо, кН;

$b$  — ширина протектора шины, м.

Например, пневмокаток ДУ-16 создает максимальное давление 360, ДУ-26 — 130, самосвал МАЗ-503 — 640, КрАЗ-256Б — 610 кПа. Однако наши наблюдения показали, что для гидролизного лигнина, представляющего собой сильнодеформируемый материал, площадь контакта колеса с поверхностью в 1,5—2,0 раза больше расчетной даже после нескольких проходов по одному месту. В результате удается создать уплотняющее давление только в пределах 50... 70 % от максимально возможного.

Заметим также, что согласно полученным данным наиболее эффективно уплотняется лигнин при меньшей влажности, поэтому его следует транспортировать не прямо с завода, а из отвала, где его влажность ближе к оптимальной.

Оценив плотность грунта, достигаемую при использовании тех или иных механизмов, переходят к фильтрационным расчетам сооружения.

Рис. 3. Схема компрессионно-фильтрационного прибора: 1 — корпус; 2 — перфорированное днище; 3 — грунт; 4 — перфорированный поршень; 5 — шток; 6 — штуцер для отвода воды; 7 — штуцер для подачи воды

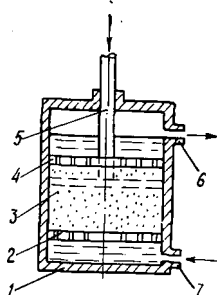
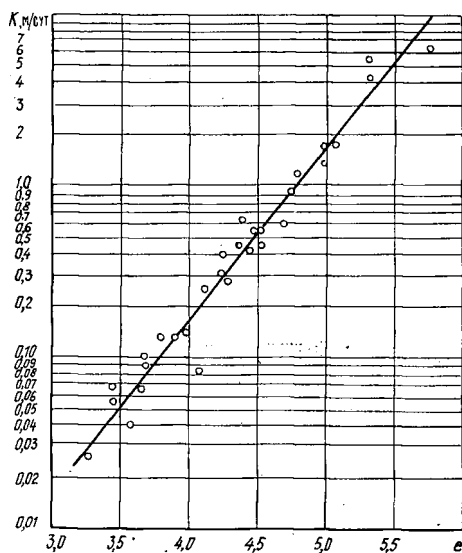


Рис. 4. Зависимость коэффициента фильтрации лигнина ( $K$ ) от коэффициента пористости ( $e$ )



Фильтрационные свойства лигнина мы исследовали на специальных компрессионно-фильтрационных приборах (рис. 3), в которых в ходе статического уплотнения образца поршнем периодически нагнетают воду в нижнюю камеру прибора. По скорости падения напора воды вычисляют коэффициент фильтрации исследуемого грунта при различной степени уплотнения. Результаты опытов представлены на рис. 4, где по оси абсцисс отложен коэффициент пористости\* лигнина, а по оси ординат — коэффициент фильтрации в логарифмическом масштабе. Полученные данные свидетельствуют, что водопроницаемость лигнина может изменяться на два порядка в зависимости от степени уплотнения. Более того, при эффективном уплотнении лигнин может получить свойства водоупора, которым в практике гидротехнического строительства считается грунт с коэффициентом фильтрации меньше 0,1 м/сут.

### Выводы

Стандартная методика исследования уплотняемости требует корректировки для сильнодеформируемых грунтов, каким является гидролизный лигнин.

\* Коэффициент пористости вычисляют по формуле  $e = \rho_s / \rho_d - 1$ , где  $\rho_s$  для лигнина можно принять равным 1,38 г/см<sup>3</sup> [5].