

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Будишевский В.А., канд. тех. наук., проф, Манакин Е.А., аспирант, Донецкий национальный технический университет.

*Проведен анализ эффективности применения уплотняющих машин в зависимости от свойств уплотняемого материала.*

*There is analysed an effectiveness of using tampering machines depending on propertise of a material under packing.*

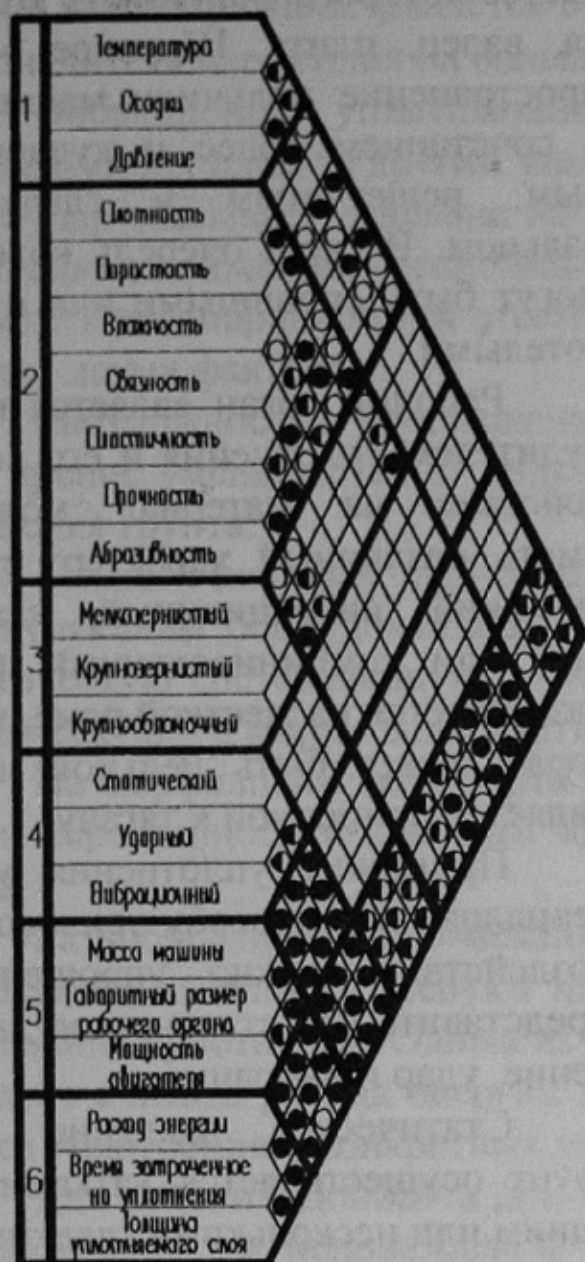
Разнообразие в свойствах материалов диктует необходимость выбора уплотняемого оборудования из целого ряда различных его типов. При этом эффективность процесса уплотнения определяется рядом факторов рис. 1, важнейшими из которых являются тип материала, влажность, метод уплотнения и приложенная энергия.

Влияние этих факторов на процесс уплотнения различно и зависит от состояния применяемых материалов, способу приложения энергии.

Степень уплотнения материала и его качество в значительной мере определяется его влажностью [1]. При низкой влажности силы внутреннего трения и сцепление между частицами противодействуют уплотнению. При увеличении влажности материалы легче поддаются уплотнению, но их плотность изменяется не линейно. Максимальная плотность зависит от влажности материала и соответствует оптимальной влажности.

В проницаемых грунтах таких, как песок, гравий, которые обладают способностью естественного водоотлива, при переориентации частиц под действием внешних сил происходит отжатие воды. В этом случае оптимальная влажность соответствует полному насыщению пор водой или же состоянию абсолютной сухости.

Сухими обычно уплотняют щебень, гравий. В глине и других связных грунтах существует значительное реальное сцепление. Оно обусловлено молекулярными силами, действующими между очень



мелкими частицами, поэтому на преодоление этих сил и уплотнение материала затрачивается большая энергия.

- слабая связь - ○
- средняя связь - ◐
- сильная связь - ●

1. Факторы окружающей среды
2. Физико-механические свойств грунтов
3. Типы грунтов
4. Методы уплотнения
5. Параметры уплотняющей машины
6. Экономические показатели уплотнения

Крупнозернистые и крупнообломочные материалы, в которых сцепление отсутствует, уплотнять легче, чем мелкозернистые грунты. Наличие в крупнозернистых материалах сравнительно небольшого количества пылеватого материала (5-10%) приводит к тому, что эти материалы становятся водонепроницаемыми и их уплотнение целесообразно осуществлять при оптимальной влажности.

Применение для строительства сооружений горелых пород отходов угольной промышленности показывает, что эти материалы достаточно успешно уплотняются при их естественной влажности, соответствующей среднему состоянию между сухим и водонасыщенным состояниями.

Разнообразие машин для уплотнения грунта, различия по способу уплотнения и их конструктивных параметров дает 449920 вариантов сочетания по различным признакам их классификации. Авторами проведен анализ структурного построения уплотняющих эластичными, металлическими, пневматическими шинами машин. По определению ГОСТ 21994-76 катки различаются видом рабочего органа, в ка-



честве которого могут быть колеса, валец, плита. Широкое распространение получили машины с сочетанием колес и кулачковым, решетчатым и гладким вальцом. В свою очередь колеса могут быть сплошными или пустотелыми.

Рабочий орган является побудителем уплотнения и его воздействие на материал может иметь различный характер: статический, вибрационный, ударный или комбинированный. Он размещается на жесткой раме, которая может быть цельной или является прицепной к тягачу.

Принципы уплотнения материалов по способу силового воздействия можно упрощенно представить как статическое давление, удар и вибрация.

Статическое давление на грунт осуществляется катками с одним или несколькими гладкими вальцами или катками с колесами или плитами. В момент при прикладывании статического давления грунт находится в рыхлом состоянии, он довольно легко поддается сжатию, и пластическая деформация не сопровождается значительной реакцией. По мере возрастания степени уплотнения грунт становится все более плотным и упругим.

Ударный способ является более эффективным, так как рабочий орган воздействует на среду динамической силой. Силовая

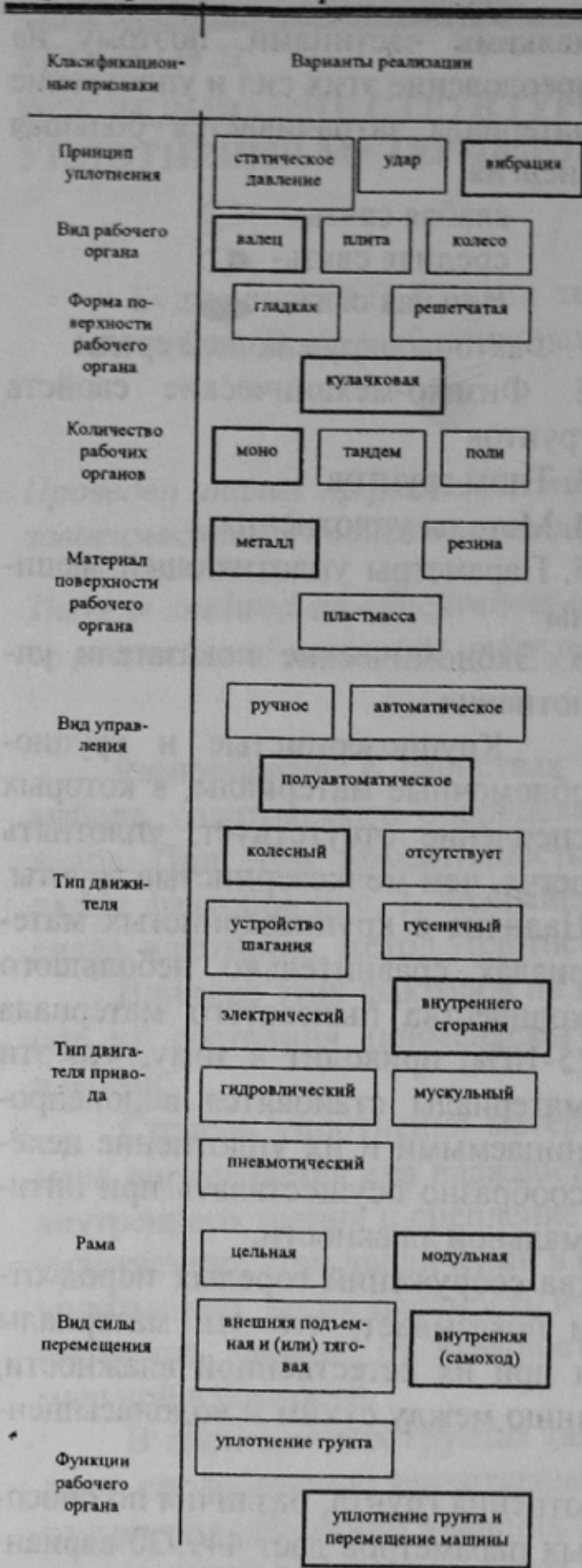


Рис. 2. Морфологическая карта машин для уплотнения грунта

волна сжатия распространяется от поверхности вглубь, создавая также значительные усилия на больших глубинах[2].

Вибрационные уплотняющие машины работают в режиме быстроследующих один за другим ударов по поверхности грунта [3]. Каждый удар оказывает давление на грунт. В результате частицы грунта приходят в движение, трение между ними ослабевает, фактически исчезает. При вибрационном уплотнении материала результат определяется двумя факторам:

- возможностью перемещения частиц грунта. При этом внутреннее трение уменьшается и создаются условия для эффективного уплотнения грунта:

- силами сжатия и сдвига, создаваемыми в грунте вибрационным уплотняющим оборудованием. Напряжения сжатия и сдвига имеют статическую составляющую, обусловленную весом вибратора, и динамическую – в форме волн сжатия, обусловленную вибрацией.

На морфологической карте рис.2 утолщенными линиями выделены характеристики наиболее эффективной машины по мнению автора.

Разнообразие физико-механических свойств уплотняемых материалов, их влажность требуют научного обоснования в выборе оборудования уплотнения. Одним из главных критериев при этом выборе следует считать расход энергии и режимов для осуществления процесса уплотнения в конкретных условиях.

Для условий Донбасса при строительстве сооружений перспективным является использование отходов производства в частности, горелых пород шахтных терриконов. Целесообразность применения таких отходов определяется их достаточным объемом в наличии и повсеместностью распространения, низкой стоимостью, природоохранным эффектом при утилизации.

Широкий диапазон фракционного состава горелых пород при сравнительно небольшом содержании пылеватых частиц (5-15%), обуславливает возможность их уплотнения и использования для устройства искусственного основания при строительстве сооружений самого различного назначения.

Степень уплотнения грунта – основной параметр, определяющий качество строительных работ, прочность и долговечность возведенного сооружения. Плотность,  $\rho_0$ , которую необходимо обеспечить, определяется выражением:



$$\rho_0 = \kappa_y \rho_{\max} \quad (1)$$

где  $\kappa_y$  – коэффициент уплотнения;

$\rho_{\max}$  – максимально достигаемая плотность.

В настоящее время нет достаточно обоснованных норм плотности, а значение коэффициента уплотнения устанавливается экспериментальным путем. Опыт эксплуатации земляных сооружений (в частности автомобильных дорог), а также современный уровень исследований свидетельствует о том, что имеется необходимость обеспечения и создания соответствующих средств механизации.

Исходя из вышесказанного, были проведены лабораторные экспериментальные исследования уплотняемости горелых пород шахтных терриконов в зависимости от их влажности  $W_0$  и фракционного состава. В качестве исследуемого массива были использованы горелые породы с практически одинаковой плотностью в целике, трех шахтных терриконов, гранулометрические характеристики которых представлены в табл. 1.

Табл 1. Гранулометрический состав горелой породы

| Шахты         | Содержание % по массе фракций размера, мм. |       |       |       |      |        |       |
|---------------|--------------------------------------------|-------|-------|-------|------|--------|-------|
|               | >70                                        | 40-70 | 20-40 | 10-20 | 5-10 | 1,25-5 | <1,25 |
| Заперевальная | 21,7                                       | 8,5   | 23,6  | 15,3  | 9,5  | 12,5   | 8,9   |
| Панфиловская  | 16,3                                       | 6,4   | 21,5  | 14,2  | 7,8  | 17,5   | 10,3  |
| Киселевская   | 10,2                                       | 7,8   | 16,7  | 16,2  | 18,3 | 19,2   | 11,6  |

Уплотнение осуществлялось в приборе стандартного уплотнения, при этом значения достигнутой плотности  $\rho$  определялось через интервалы влажности 5%. Результаты исследований представлены на рис.3. Как видно из графика максимальная плотность исследуемых пород может быть достигнута при влажности 12-15%. Полученные результаты свидетельствуют о том, что снижение процентного содержания крупных фракций способствует повышению значения максимально достигаемой плотности материала, а следовательно, повышению качества уплотнения.

Учитывая специфику пород шахтных терриконов, можно сделать вывод о возможности достижения максимального уплотнения этого материала и соответственно минимальной водонепроницаемости, проникновение воды в возводимую конструкцию может вызвать ухудшение эксплуатационной надежности вплоть до разрушения.

Для определения искомой плотности горелых шахтных пород в земляных сооружениях предлагается следующая зависимость:

$$\rho_i = \hat{e}_{\hat{a}\hat{n}} K_{\hat{n}y} K_{\hat{a}} K_0 \rho_0, \quad (2)$$

где  $\hat{e}_{\hat{a}\hat{n}}$  – коэффициент зависящий от соотношения масс фракций и изменения их размеров при уплотнении;

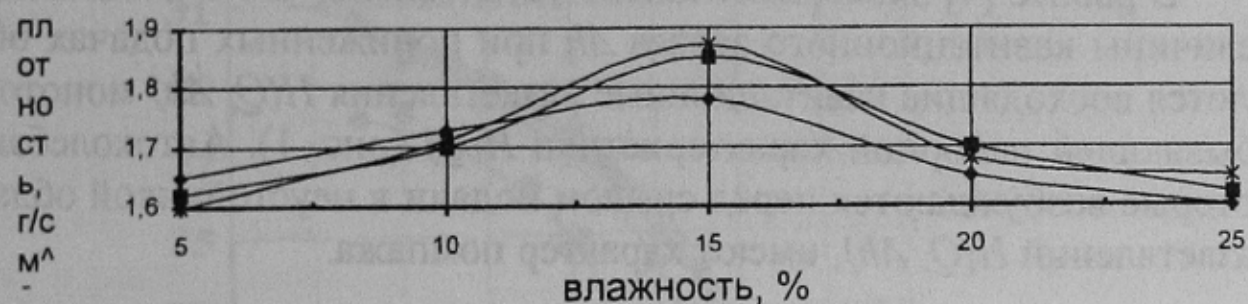
$K_{\hat{n}y}$  – коэффициент уплотнения, зависящий от способа уплотнения;

$K_{\hat{a}}$  – коэффициент геометрии формы частиц, зависящий от типа пород;

$K_0$  – коэффициент однородности, зависящий от процентного содержания частиц (аргиллиты, алевриты, песчаники и др.);

$\rho_0$  – плотность породы в целике.

Влияние влажности на предложенные коэффициенты различно и определяется экспериментально.



—□— Заперевальская —■— Панфиловская —\*— Киселевская

Рис.3 Влияние влажности на плотность пород

Вышеприведенное позволяет сделать вывод, что повышение эффективности уплотнения горелых шахтных пород может быть получено применением уплотняющей машины, которая в процессе уплотнения производит и дробление исходного материала. В качестве машины для уплотнения целесообразно использовать вибрационный кулачковый каток.

Список источников:

1. Хархута Н.Я. и др. Дорожные машины. Теория, конструкция и расчет. –Л.: Машиностроение, 1976. – 173 с.
2. Форсблад Л. Вибрационное уплотнение грунтов и оснований. –М.: Транспорт, 1987.–188 с.
3. Попов Г.Н. Исследование и обоснование параметров вибрационных катков для уплотнения грунтов, Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н.. Ленинградский политехнический институт. –Л.: 1970. – 108 с.