

По результатам выполненных опытов прочность контактного шва ориентировочно составила половину прочности нового бетона на растяжение:  $f_R = 0,5 f_{ct}$ .

УДК 624.15.001.63

## О НЕОБХОДИМОСТИ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

И. А. КУДРЯВЦЕВ

Белорусский государственный университет транспорта

Известно, что при работе вблизи фундаментов зданий и сооружений подвижных и стационарных источников вибрации, в грунтовых основаниях из-за процессов происходят некоторые изменения.

В частности, при ускорениях колебаний частиц грунтов, превышающих так называемые критические ускорения, в грунтах начинают образовываться объемные и сдвиговые деформации [1–3]. Нами выявлено, что при определенных параметрах ускорений происходит увеличение влажности в грунтах, расположенных над водоносными слоями [4]. Отметим, что в последнем случае, если виброисточник прекращает свою работу, уровень влажности в грунтах будет стремиться к первоначальному.

Так как раздел динамики грунтовых сред включает в себя задачи определения и уточнения параметров расчетных моделей, его коррекция требует наличия дополнительной экспериментальной информации. Поэтому заслуживает внимания исследование поведения грунтов под действием периодически функционирующего источника вибрации (сюда входят и подвижные источники – поезда, автомобили и т.д.).

В связи с тем, что ускорения от подвижных и стационарных источников вибрации находятся ниже критических уровней, представляет интерес исследовать влияние волновых процессов в грунтах с ускорениями частиц, находящихся ниже критического порога.

Исследовались различные типы глинистых грунтов: глина ( $I_p = 20,4\%$ , уровень грунтовых вод  $WL = 4,8$  м), суглинок ( $I_p = 14,7\%$ ,  $WL = 4,6$  м), супесь ( $I_p = 5,3\%$ ,  $WL = 6,2$  м) и песок с  $WL = 5,7$  м. В качестве источника вибрации использовалась виброустановка СВ10/160 с площадью штампа  $1 \times 2,0$  м. Режим работы: 5 минут работы вибратора, 10 минут остановка.

В последующем данные циклы неоднократно повторялись, и по достижению суммарной продолжительности работы в 1, 3, 5, 10, 15 часов производилось определение толщины слоя с повышенной влажностью и определение значений коэффициента фильтрации. Результаты замеров приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение коэффициента фильтрации и толщины слоя грунта с большим содержанием влаги

| Наименование<br>грунта |       | Часы работы |      |      |      |      |
|------------------------|-------|-------------|------|------|------|------|
|                        |       | 1           | 3    | 5    | 10   | 15   |
| Глина                  | $c_v$ | 1,19        | 1,27 | 1,30 | 1,35 | 1,45 |
|                        | $h$   | 2,50        | 2,30 | 2,20 | 2,20 | 2,10 |
| Суглинок               | $c_v$ | 1,23        | 1,31 | 1,57 | 1,80 | 1,94 |
|                        | $h$   | 2,20        | 2,20 | 2,00 | 1,90 | 1,80 |
| Супесь                 | $c_v$ | 1,29        | 1,39 | 1,81 | 2,16 | 2,97 |
|                        | $h$   | 2,10        | 2,00 | 2,00 | 1,80 | 1,80 |
| Песок                  | $c_v$ | 1,30        | 1,50 | 1,89 | 2,37 | 3,07 |
|                        | $h$   | 1,55        | 1,40 | 1,40 | 1,30 | 1,30 |

Уровень ускорений, передаваемый с источника на грунт, составляет ~ 70 % от величины критического ускорения для исследуемых видов грунтов.

В соответствии с данными таблицы 1 можно отметить, что при многократных повторениях данных режимов воздействий происходит увеличение коэффициента фильтрации – увеличиваются дренарующие свойства. Причем, наибольшим изменением роста в 3,07 раз подвергается песок, а наименьшим – глина (в 1,45). При этом толщина слоя грунта, где отмечается увеличение влажности

над отметкой уровня грунтовых вод, будет уменьшаться. Изменение толщины слоя, где отмечено увеличение влаги, в относительных показателях практически идентично.

При меньших ускорениях снижение фильтрационных свойств и мощности слоя с измененной влажностью при одинаковом режиме загрузки подчиняется графику, приведенному на рисунках 1, 2 (спустя 1 час функционирования источника).

Зависимости, полученные из эксперимента и представленные на рисунках 1 и 2, позволяют сделать вывод о том, что при величинах ускорений, составляющих 0,1–0,15 значения от критического, для исследуемых видов грунтов изменения влажности и коэффициента фильтрации будут находиться в пределах погрешности эксперимента.

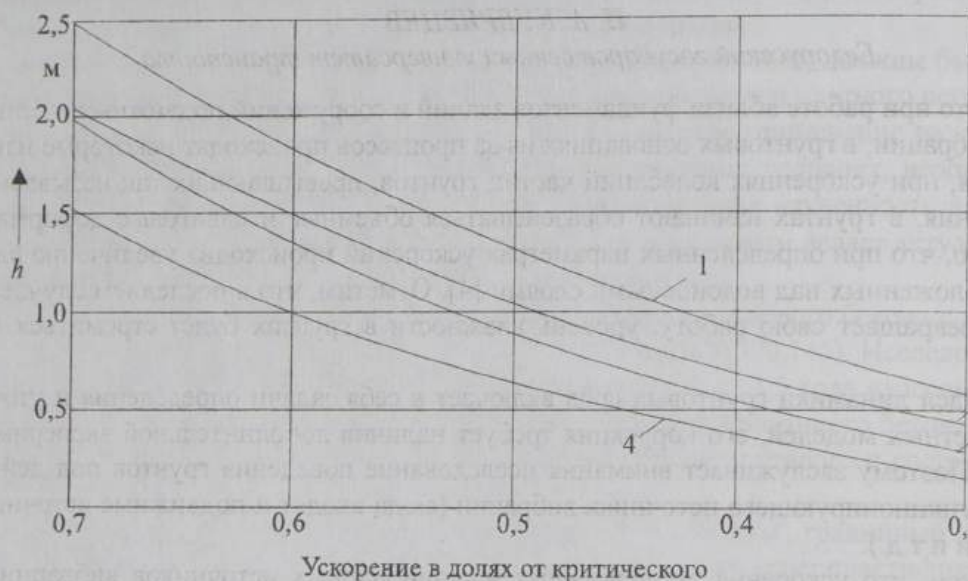


Рисунок 1 – Изменение толщины слоя с увеличением влажности в зависимости от ускорения колебаний:  
1 – глина, 2 – суглинок, 3 – супесь, 4 – песок

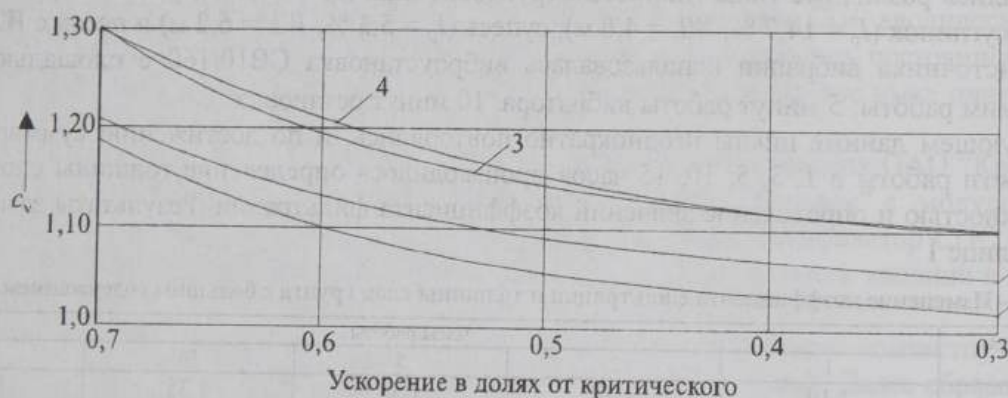


Рисунок 2 – Изменение коэффициента фильтрации в зависимости от ускорения колебаний:  
1 – глина, 2 – суглинок, 3 – супесь, 4 – песок

Вопрос выбора тот или иной динамической модели грунта как среды связан с критерием и ее применимости. В настоящее время нет четких условий, по которым со всей определенностью можно было бы выбрать адекватную модель многофазного грунта, не усложняя, где это возможно, решение конкретных задач. Однако имеющиеся по данному вопросу исследования позволяют сделать ряд обобщений. Так, одним из важных показателей, позволяющем судить о фазовом составе грунта, является степень водонасыщенности.

Грунт в интервале  $0,7 \leq S_2 \leq 0,9$  рассматривается как трехфазная система.

При  $S_2 > 0,9$  считается, что газовая фаза полностью растворена в паровой жидкости либо находится частично в пузырьках,двигающихся со скоростью, равной скорости движения жидкости, и грунт представляет собой квазидвухфазную систему.

При  $S_2 > 0,7$  грунт характеризуется отсутствием свободной воды (паровая вода образует совместно с минеральными частицами скелет грунта и является квазиоднофазным).

Зависимость между ускорением при частоте  $f = 40$  Гц и изменениями толщины слоя и коэффициентов фильтрации достаточно хорошо коррелируется уравнением экспоненциального типа

$$h_{\text{сл}} = n_j e^{\alpha_1 a};$$

$$c_v = n_j e^{\alpha_1 a},$$

где  $\alpha_1, n_j$  – показатели, зависящие от данного типа грунта;  $a$  – ускорение работающей плиты вибро-силами.

Отметим, что влияние волновых процессов в грунте от работающих виброисточников может способствовать увеличению влаги в грунтах из-за разрушения стыков различных систем водо- и канализационных коммуникаций. Нами экспериментально подтверждено изменение влажного режима в массивах, окаймляющих такие коммуникации на различном удалении от оси магистрали, как по горизонтали, так и по вертикали [5].

При волновых процессах с определенными характеристиками изменяются и другие свойства грунтов. В частности, экспериментально подтверждено изменение декремента затухания свободных колебаний и начального градиента напора [6]. Отметим, что демпфирующие свойства грунта при постоянной работе стационарного источника колебаний через определенных промежутков времени имеют тенденцию к восстановлению. Однако этот интервал неодинаков для песчаных и глинистых грунтов. У глинистых он выше в 2 раза. В случае, когда действие вибрации на массив грунта передается с интервалами, восстановление демпфирующих свойств в грунтах может протекать по-разному. При этом выявлено как увеличением декремента, так и снижение его, достигающее у глинистых грунтов 25–38 %, у песчаных 10–24 %. Одной из причин этих явлений могут быть суффозионные процессы в слоях, где в результате действия вибрации периодически меняется влажностный режим.

Волновые процессы, возникающие в грунтах от техногенных источников вибрации, как и при землетрясениях, передают на сооружения дополнительные усилия, которые зависят от скорости распространения волн, величины виброперемещений и плотности грунтов.

Эти теоретические предпосылки нами были проверены экспериментально. В непосредственной близости от работающего виброисточника (магистральный состав) в грунте на расстоянии 7 м от оси пути была установлена от градуированная мессдоза, позволяющая определить горизонтальное давление. Величины дополнительных давлений, вызванные проходящими составами, представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Величина дополнительного давления грунта, вызванного прохождением состава

В паскалях

| Грунт                       | Скорость движения состава, км/ч |     |     |     |     |
|-----------------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                             | 20                              | 30  | 40  | 50  | 70  |
| Супесь                      | 104                             | 124 | 170 | 207 | 398 |
| Песок мелкий<br>$S_L = 0,3$ | 118                             | 129 | 178 | 245 | 429 |
| Суглинок                    | 96                              | 114 | 163 | 191 | 364 |
| Песок мелкий<br>$S_L = 0,9$ | 184                             | 221 | 285 | 497 | 718 |

Анализ результатов таблицы 2 показывает, что при увеличении скорости движения поезда от 20 до 70 км/ч горизонтальное давление увеличивается для супесей, маловлажных песков, суглинков и насыщенных водой песков соответственно в 3,83; 3,64; 3,79; 3,90 раз.

Выявлено, что давление, передаваемое от одного и того же источника на мессдозу, в различных грунтах неодинаково. Например, в водонасыщенных грунтах значение давления в 1,8–2,4 раза выше. На величине давления также сказывается и связность грунта. При всех одинаковых параметрах сравниваемых грунтов (влажность, пористость и др.) связность несколько уменьшает давление.

Приведенные результаты по параметрам давлений требуют, чтобы при проектировании на устойчивость подпорных стен, подвальных частей зданий, устьев мостов и путепроводов при определенных обстоятельствах производился учет усилий, передаваемых от вибрационных источников.

Как показали наши исследования, горизонтальная нагрузка, вызываемая ими, при определенных обстоятельствах может достигать 8–14 % от статических горизонтальных нагрузок от грунта на стену. Следует отметить, что в соответствии с данными таблицы 2 скорость движения состава влияет на величину давления по горизонтали.

Перечисленные изменения свойств грунта требуют более пристального к себе отношения при проектировании, а еще больше при эксплуатации зданий и сооружений. В частности, требует определенной корректировки расчет продолжительности консолидации в глинистых грунтах. Как отмечено в экспериментах, изменение коэффициента фильтрации будет направлено на снижение продолжительности осадок по времени. Необходимо эти результаты обязательно внести в существующие нормативные документы Республики Беларусь [7, 8].

**Выводы.** Экспериментально подтверждено влияние волновых процессов в грунтах, вызванных работой техногенных источников вибрации на ряд физико-механических свойств оснований. Отмечено влияние скорости движения поездов по магистрали на дополнительные давления, передаваемые на конструкции, заглубленные в грунт.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Савинов О. А. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчет. – Л.: Стройиздат, 1979. – 200 с.
- 2 Кудрявцев И. А. Влияние вибрации на основания сооружений. – Гомель, 1999. – 274 с.
- 3 Иванов П. Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. – М.: Высшая школа, 1991. – 447 с.
- 4 Алешин А. С., Кудрявцев И. А., Кузнецов Н. В. Влияние вибрации на процессы миграции флюидов в горных породах // ДАН СССР. 1990. Т. 315. № 4. – С. 182–184.
- 5 Кудрявцев И. А., Беспалова М. В., Чикилев А. С. Гидроизоляционные системы. – Гомель, 2000. – 443 с.
- 6 Кудрявцев И. А. Влияние техногенных колебаний в грунтах на изменение их демпфирующих свойств // Весці НАН. Серія фізика-тэхнічных навук. № 3. – С. 105–107.
- 7 СНБ 5.01.01–99 Основание и фундамент зданий и сооружений.
- 8 Проектирование и устройство фундаментов машин с динамическими нагрузками. П7–2000 к СНБ 5.01.01–99. – Минск, 2001.

УДК 624.971

## О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ КИРПИЧНЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБ

И. А. КУДРЯВЦЕВ

*Белорусский государственный университет транспорта*

За последнее время по различным причинам наблюдаются преждевременный износ, а также аварии дымовых труб, что приводит к остановкам тепловых агрегатов и требует больших капитальных затрат на их восстановление. Дымовые трубы работают в благоприятных атмосферных и технологических условиях. Во время эксплуатации они подвергаются воздействию отходящих газов, в том числе агрессивных, которые действуют на конструктивные элементы труб в зависимости от количественного и качественного их состава. На прочность несущих конструкций воздействуют также внешние факторы, а именно: постоянно действующие вибрации агрегатов, дымососов и механизмов; одностороннее изменение влажности грунтов, которые приводят к аварийному крену трубы; выветривание кладки от атмосферных воздействий; отсутствие грозозащиты или ее неисправность, приводящие к разрушению ствола грозowymi разрядами и другие факторы. Большие повреждения стволу и футеровке трубы приносят хлопки (или взрыв) горючей смеси, получаемые в результате смешивания в трубе несгоревшего газа и наружного воздуха, подсасываемого через неплотности кладки. В этом случае возможно разрушение ствола трубы или образование вертикальных трещин различной длины в зависимости от силы хлопка или взрыва.

Анализ состояния 50 труб, выполненных из кирпичной кладки, показал, что абсолютное большинство из них уже спустя 10 лет эксплуатации имеют ряд существенных дефектов, в частности:

- разрушение верхних рядов кирпичной кладки в оголовке вследствие размораживания кирпича и раствора составляет 100 %;

- вертикальные трещины выявлены у 36 %, горизонтальные – у 18 % труб, разрушение футеровки – 40 %, разрушение гарнитуры труб – 44 % объектов.

К сказанному следует добавить, что снижение нормативных показателей температурно-