

Висновки та напрямок подальших досліджень. Сьогодні концепція BYOD стає все далі актуальнішою, адже вона досить вигідна як для робітників, так і для керівників компанії. Адже співробітники можуть використовувати свої власні пристрої (мобільні, планшети) й працювати як в офісі, так й вдома, тим самим підвищуючи виробництво. Керівництво ж, вигідно заощаджує на закупівлі нового обладнання (додаткових комп'ютерів). Для захисту інформації від зловмисників треба дотримуватись певних елементарних вимог, а саме: створення віртуалізації; вимикати Wi-Fi і Bluetooth на телефоні, коли не користується Інтернетом; використання складних паролів; завантаження додатків з розумом.

Додатково, для більшої надійності, доречно буде робити резервних копій та додати віддалений доступ. Таким чином, інформація з обмеженим доступом, що зберігається на мобільному пристрої буде у більшій безпеці від злому та втрати.

Список літератури

1. Гайкович В. Ю. Проблема корпоративної мобильності/ Гайкович В. Ю // Защита информации. INSIDE – 2012 - №4 – С.2-5
2. Михайлов Д. М., Жуков И. Ю., Ивашко А. М. Защита мобильных телефонов от атак М.: Фойлис, 2011. - 192 с.
3. Якушин Петр. Безопасность мобильного предприятия / П.Якушин // Открытые системы – 2013 - № 1 (187) – С. 22-27.
4. Панасенко А. Влияние мобильных устройств на безопасность информации – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.anti-malware.ru/node/12301>, 2013.
5. Гилмор Дж., Бирдмор П. Безопасность мобильных устройств для «Чайников» М.: John Wiley & Sons Ltd, Chichester, West Sussex, England (Англия), 2013. – 54 с.
6. Ванг Й., Стрефф К., Раман С. Проблемы безопасности смартфонов // ОТКРЫТЫЕ СИСТЕМЫ. СУБД, М: Издательство «Открытые системы», 2013. - С. 27-31.
7. Мельников Д. А. Информационная безопасность открытых систем: Учебник. М.: ФЛИНТА, 2013.
8. Дзюндзюк В. Б. Віртуальні співтовариства: потенційна загроза для національної безпеки //Державне будівництво, 2011. – №. 1.

Рукопис подано до редакції 15.04.16

УДК 681.5: 622.2

В.С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф,
Н.В. МОРКУН, В.А. ДВОРНИКОВ, И.В. КАСАТКИНА, кандидаты техн. наук, доц.
Криворожский национальный университет

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПУЛЬПЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЪЕМНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН

Известные методы ультразвукового контроля параметров пульпы позволяют определить две ее основные характеристики - плотность и гранулометрический состав. Для измерения этих параметров используются объемные и поверхностные ультразвуковые волны, а также их сочетания [1-4]. Ниже рассмотрены методы ультразвуковой гранулометрии на основе объемных волн.

Пульпа представляет собой случайно неоднородную гетерогенную среду, содержащую в воде твердые частицы различного размера с распределением, описываемым функцией $F(r)$, где r - радиус частиц. Содержание частиц в пульпе может быть задано либо через концентрацию

$$n = N \cdot V^{-1},$$

либо через их объемную долю W . Амплитуда ультразвуковой волны частоты ν , прошедшей в среде расстояние Z , описывается зависимостью

$$A_v(Z) = A_o \exp \left\{ -ZN/V \int_0^{r_m} dr F(r) \sigma(v, r) \right\} \quad (1)$$

где N - число частиц в эффективном контролируемом объеме пульпы V ; A_o - амплитуда объемной волны, прошедшей то же расстояние в чистой воде; r_m - максимальный размер твердых частиц.

В этом выражении $\sigma(v, r)$ - сечение ослабления ультразвука частоты ν на твердой частице сферической формы радиуса r и плотности ρ_r [1]

$$\sigma(v, r) = \sigma_v + 1 / (\sigma_s^{-1} + \sigma_d^{-1}) \quad (2)$$

$$\frac{4\pi r^3}{3} \left(\frac{\omega}{c} \right) \left(\frac{\rho_r}{\rho_o} - 1 \right)^2 \frac{S}{S^2 + \left(\frac{\rho_r}{\rho_o} + \tau \right)^2}$$

где $\sigma_v =$; $\omega = 2\pi\nu$, c - скорость ультразвука в среде; ρ_o - плот-

ность жидкости; $S = \frac{9}{4Br} \left(1 + \frac{1}{Br} \right)$; $B = \left(\frac{\pi\nu}{\mu} \right)^2$; $\tau = \frac{1}{2} + \frac{9}{4Br}$; $\mu = \eta/\rho_o$; η - коэффициент вязко-

сти жидкости; $\sigma_s = \frac{4\pi r^3}{3} \frac{1}{6} \left(\frac{\omega}{c} \right)^4 r^3$; $\sigma_d = \frac{4\pi r^3}{3} \left(\frac{\omega}{c} \right)^3 / 4\pi r$.

В выражении (2) величины σ_v и σ_d определяют вязкоинерционные и дифракционные потери, а σ_s - потери, обусловленные рассеянием ультразвука. Зависимости сечения ослабления ультразвуковых колебаний от размера частиц для различных частот показаны на рис. 1 (1- $\nu=2$ МГц; 2 - $\nu=1$ МГц).

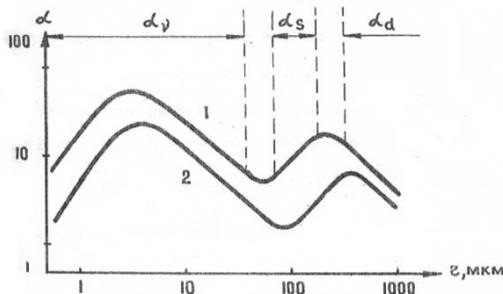


Рис. 1. Зависимости сечения ослабления ультразвуковых колебаний от размера частиц для различных частот (1- $\nu=2$ МГц; 2 - $\nu=1$ МГц)

Как видно из выражения (1), если сформировать сигнал

$$A = (1/Z) \ln(I_o / I_v) = (N/V) \int_0^{r_m} dr F(r) \sigma(v, r) \quad (3)$$

то он содержит информацию о концентрации частиц твердой фазы и распределении их по размерам.

Интеграл в выражении (3) можно представить в виде

$$\int_0^{r_m} dr F(r) \sigma(v, r) = \int_0^{r_1} dr F(r) \sigma(v, r) + \int_{r_1}^{r_2} dr F(r) \sigma(v, r) + \dots + \int_{r_{m-1}}^{r_m} dr F(r) \sigma(v, r), \quad (4)$$

где r_i - границы интервалов размеров частиц

$$\Delta r_i = r_i - r_{i-1}.$$

Если величина интервала Δr_i невелика, то любой из интегралов правой части выражения (4) можно представить в виде

$$\int_{r_{i-1}}^{r_i} dr F(r) \sigma(v, r) \approx F(r_i) \Delta r_i \sigma(v, r_i). \quad (5)$$

Таким образом, выражение (3) можно представить в следующем виде

$$A = \frac{N}{V} \sum_{i=1}^m f(r_i) \Delta r_i \sigma(v, r_i) \sum_{i=1}^m \alpha(v, r_i), \quad (6)$$

где $\alpha(v, r_i) \equiv \sigma(v, r_i)$; c_i - концентрация частиц, размеры которых принадлежат интервалу Δr_i .

Если такие сигналы сформировать на различных частотах ν_j ($1 \leq j \leq m$), то будем иметь систему алгебраических уравнений

$$A_j = \sum_{i=1}^m -i \alpha_{ji}, \quad (7)$$

где $\alpha_{ji} \equiv \alpha(\nu_j, r_i) = \Delta r_i \sigma(\nu_j, r_i)$.

Коэффициенты α_{ji} определяются сечениями ослабления $\sigma(\nu_j, r_i)$ и их зависимость от r для разных частот представлена на рис. 2. Выбор частот ν_j осуществляется через длину волны ультразвука λ_j и размер частиц r_1 и r_m , причем максимальная длина волны должна соответствовать радиусу r_m , а минимальная равна r_1 . Описанный метод нашел отражение в работе [5].

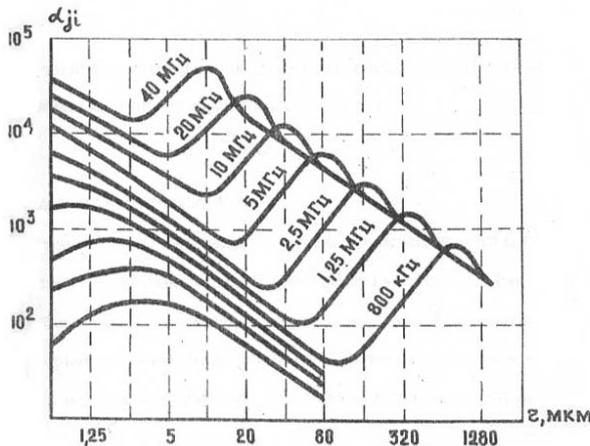


Рис. 2. Зависимость коэффициентов α_{ji} от r для разных частот

Недостатки этого метода определения концентрации частиц по размерам очевидны. Во-первых, точность определения концентрации c_i зависит от числа уравнений системы (7) и, в значительной мере, от погрешности измерения сигнала A_j . Для достаточного описания распределения частиц по размерам необходимо, чтобы $m \geq 10$. В области низких частот ($\nu < 1$ МГц) погрешность измерения A_j может быть связана с влиянием газовых пузырьков пульпы. Чтобы повысить точность измерения сигналов A_j на

низких частотах, требуется предварительная дегазация пульпы. Во-вторых, требование выполнения условия $m \geq 10$ практически связано с реализацией большого количества ультразвуковых измерительных каналов (рис. 3в).

Нашедший широкое практическое применение способ ультразвукового контроля крупности частиц твердой фазы суспензий (рис. 3а) основан на измерении амплитуд объемных ультразвуковых колебаний двух различных частот, прошедших через контролируемую среду [6-8].

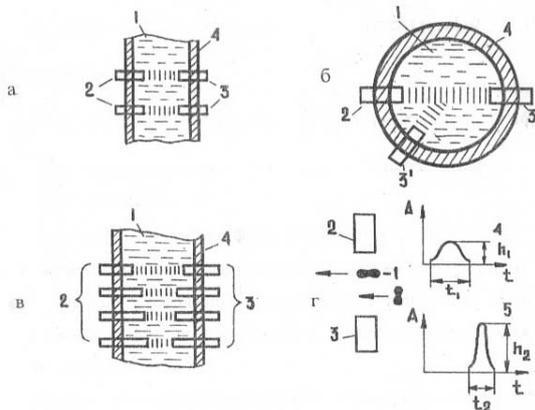


Рис. 3. Способы ультразвукового контроля крупности частиц твердой фазы суспензий

В низкочастотной области ($\nu \leq 10^5$ Гц) ослабление ультразвука обусловлено, в основном, вязкоинерционными потерями, поэтому

$$\sigma \approx \sigma_v.$$

Тогда сформированный на частоте $\nu_1 \leq 10^5$ Гц сигнал

$$S_1 = \ln(A_{01} / A_{\nu_1}) = Z_1 N \int_0^{r_m} F(r) \sigma_v(\nu_1, r) dr = \frac{Z_1 W}{\aleph} \int_0^{r_m} F(r) \sigma_v(\nu_1, r) dr \quad (8)$$

будет пропорционален концентрации твердой фазы пульпы, так как он зависит от объемной доли W твердой фазы, а величина $\sigma_v(\nu_1, r)$ - от плотности частиц. В этом выражении

$$\aleph = \int_0^{r_m} F(r) 4/3 \pi r^3 (dr). \quad (9)$$

Следовательно, по величине сигнала S_1 можно судить о плотности пульпы или содержании в ней твердой фазы.

В области больших частот, когда $\sigma(\nu_2, r) \approx \sigma_s$, измеряется величина

$$S_2 = \ln(A_{02} / A_{\nu_2}) = Z_2 N \int_0^{r_m} F(r) \sigma_s(\nu_2, r) dr = \frac{Z_2 W}{\aleph} \int_0^{r_m} F(r) \sigma_s(\nu_2, r) dr. \quad (10)$$

Тогда отношение

$$\tilde{S} = S_2 / S_1 = k \int_0^{r_m} F(r) \sigma_s(v_2, r) dr / \int_0^{r_m} F(r) \sigma_v(v_1, r) dr \quad (11)$$

не зависит от концентрации частиц и определяется только распределением частиц по размерам [9]. В выражении (11) k - коэффициент пропорциональности.

Для практической реализации рассмотренного метода контроля необходимо осуществлять предварительную дегазацию пульпы, что значительно усложняет конструкцию гранулометра, делает его менее надежным, энергоемким и громоздким.

В работе [8] предлагается осуществлять контроль гранулометрического состава пульпы путем использования одного измерительного канала определенной частоты. В этом случае дополнительная информация получается за счет измерения амплитуды (интенсивности) рассеянных ультразвуковых колебаний дополнительным приемником $3'$ (рис. 3б). В рамках принятых обозначений, амплитуда рассеянных ультразвуковых колебаний, измеряемых приемником $3'$, в некотором приближении описывается выражением

$$A_s = KN \left[\int_0^{r_m} F(r) \sigma_s(v, r) dr \right] A_o \exp \left[-NZ \int_0^{r_m} F(r) \sigma_s(v, r) dr \right], \quad (12)$$

где K - коэффициент, учитывающий геометрические факторы измерительной системы; Z - расстояние, которое проходит ультразвук от излучателя 2 до приемника $3'$, равное диаметру измерительного сосуда.

Предполагается, что конусы направленности излучателя и приемника пересекаются в центре сосуда и поэтому измеряются параметры волн, рассеянных только в центральной области контролируемой среды.

Приемник 3 измеряет амплитуду прошедшей через контролируемую среду волны, которая определяется выражением

$$A_v = A_o \exp \left[-NZ \int_0^{r_m} F(r) \sigma(v, r) dr \right], \quad (13)$$

где A_o - амплитуда ультразвуковой волны в чистой воде.

По результатам измерений A_s , A_v и A_o формируется сигнал

$$S = \frac{A_s}{A_v \ln(A_o / A_v)} = \frac{K \int_0^{r_m} F(r) \sigma_s(v, r) dr}{Z \int_0^{r_m} F(r) \sigma(v, r) dr}. \quad (14)$$

Этот сигнал зависит только от распределения частиц по размерам, а значит, по его величине можно судить о гранулометрическом составе исследуемой среды.

При использовании данного метода выбор частоты ультразвука должен осуществляться из условия соизмеримости коэффициентов поглощения и рассеяния, т.е.

$$\sigma_v \approx \sigma_s.$$

Таким образом, частота ультразвука не должна быть очень большой, так как в этом случае теряется информация о крупности частиц, но и не может быть очень маленькой, поскольку на низких частотах отсутствует рассеяние волн на частицах. Для размеров частиц измельченного материала, которые характерны для обогатительного производства, приведенное выше условие выполняется в частотном диапазоне $(3-8) \cdot 10^5$ Гц. Однако в этом диапазоне частот велико влияние газовых пузырьков на ослабление ультразвука, поэтому при измерениях таким способом необходимо осуществлять дегазацию пульпы.

Предлагается также измерения рассеянных и прошедших через контролируемую среду волн проводить на разных частотах, т.е. для измерения A_s использовать высокочастотные ультразвуковые колебания, при которых $\sigma_s \gg \sigma_v$, а A_v измерять на более низкой частоте, чтобы $\sigma_v \geq \sigma_s$. Но и в этом случае измерения на низких частотах подвержены влиянию газовой фазы.

В работе [9] предлагается в диапазоне частот, где присутствуют две компоненты полного коэффициента затухания ультразвука: α_v (линейный коэффициент поглощения ультразвука частицами твердой фазы) и α_p (линейный коэффициент ослабления ультразвука на воздушных

пузырьках) производить измерения его величины на трех фиксированных частотах ν_1, ν_2 и ν_3 (рис. 4).

Предполагается, что зависимость линейных коэффициентов поглощения α_ν и рассеяния α_s ультразвука на частицах твердой фазы, а также ослабления α_p на воздушных пузырьках в некотором диапазоне частот можно описать выражениями

$$\alpha_\nu = A_1 \nu^{k_1}, \tag{15}$$

$$\alpha_s = A_2 \nu^{k_2}, \tag{16}$$

$$\alpha_p = A_3 \nu^{-k_3}, \tag{17}$$

где A_1, A_2, A_3 и k_1, k_2, k_3 - константы.

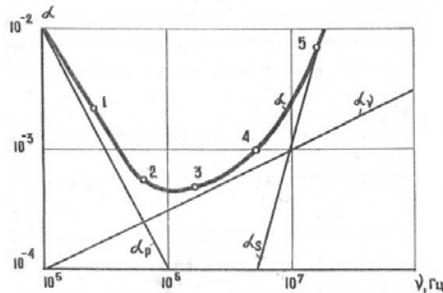


Рис. 4. Оценка компонент затухания ультразвука на трех фиксированных частотах ν_1, ν_2 и ν_3

Тогда для каждой из точек измерения можно записать значения полных коэффициентов затухания

$$\alpha^{(1)} = A_1 \nu_1^{k_1} + A_3 \nu_1^{-k_3}, \tag{18}$$

$$\alpha^{(2)} = A_1 \nu_2^{k_1} + A_3 \nu_2^{-k_3}, \tag{19}$$

$$\alpha^{(3)} = A_1 \nu_3^{k_1} + A_3 \nu_3^{-k_3}, \tag{20}$$

где $\alpha^{(1)}, \alpha^{(2)}, \alpha^{(3)}$ - полные коэффициенты ослабления ультразвука на частотах ν_1, ν_2 и ν_3 соответственно.

Предполагается, что k_1 в выражении (15) заранее определен, что позволяет вычислить три других неизвестных параметра A_1, A_3 и k_3 .

Для этого используется уравнение

$$\left[\frac{\alpha^{(1)} - A_1 \nu_1^{k_1}}{\alpha^{(2)} - A_1 \nu_2^{k_1}} \right]^{\frac{1}{\omega_2 - \omega_1}} = \left[\frac{\alpha^{(1)} - A_1 \nu_1^{k_1}}{\alpha^{(3)} - A_1 \nu_3^{k_1}} \right]^{\frac{1}{\omega_3 - \omega_1}}, \tag{21}$$

где $\omega_{1.5} = \lg \nu_{1.5}$.

В другом диапазоне частот ($0,5 - 1 \times 10^7$ Гц), в котором вклад α_s в полный коэффициент ослабления ультразвука является определяющим, производится два измерения

$$\alpha^{(4)} = A_1 \nu_4^{k_1} + A_3 \nu_4^{-k_3} + A_2 \nu_4^{k_2}, \tag{22}$$

$$\alpha^{(5)} = A_1 \nu_5^{k_1} + A_3 \nu_5^{-k_3} + A_2 \nu_5^{k_2}. \tag{23}$$

В результате решения уравнений (22) и (23) определяются значения k_2 и A_2

Таким образом, производятся вычисления всех составляющих полного коэффициента ослабления ультразвука, что позволяет вычислить концентрацию твердой фазы и оценить размеры частиц измельченного материала, не прибегая к дегазации исследуемой среды.

Практическая апробация данного метода показала, что в реальной пульпе зачастую не удается выделить участок частотного диапазона, в котором отсутствовала хотя бы одна из составляющих полного коэффициента затухания. А это приводит к значительному увеличению погрешности измерений.

Существует способ определения среднего объема частиц несферической формы путем измерения соотношения между “высотой” и “шириной” сигнала от частицы, прошедшей через область контроля [10]. Одновременно при измерении накапливается количественная информация о “высоте” и “ширине” сигналов от частицы, которая затем делится на число зарегистрированных частиц, тем самым получают величину, пропорциональную среднему объему частицы (рис. 3г). Этот метод контроля выпадает из общей схемы рассмотренных способов и может быть использован для создания лабораторного оборудования, осуществляющего контроль малого числа частиц, например, при осаждении в воде, но не может быть использован для определения параметров пульпы непосредственно в технологическом процессе.

Из приведенных способов контроля гранулометрического состава и содержания твердой фазы пульпы каждый имеет свои достоинства и недостатки, обобщая которые можно прийти к **следующим выводам:**

1. Для осуществления контроля по способам [5,7,8] необходимо проводить предварительную дегазацию пульпы, что связано с усложнением конструкции гранулометра, снижением ее надежности.
2. Измерения гранулометрического состава по способу [7] не являются абсолютными, поэтому требуется настройка приборов по месту контроля.
3. Способы [5,8] имеют невысокую точность измерения контролируемых параметров.

Список литературы

1. **Бергман Л.** Ультразвук и его применение в науке и технике. - М.: Изд-во иностран. лит., 1957. – 726 с.
2. **Моркун В.С., Потапов В.Н.** Современные методы ультразвуковой гранулометрии. – М.: Ин-т Черметинформация, 1991. – 22 с.
3. **Моркун В.С.** Ультразвуковой контроль характеристик измельченных материалов в АСУ ТПобогатительного производства / **В.С. Моркун, В.Н. Потапов, Н.В. Моркун, Н.С. Подгородецкий** // Монография. - Кривой Рог: Изд. центр КТУ, 2007. - 283 с.
4. **Моркун В.С., Поркуян О.В.** Ультразвуковые поверхностные волны Лэмба и Лява в измерительных системах. – Кривой Рог: Изд. центр КТУ, 2006.- 261 с.
5. Пат. 3438798 А1 Германия, МКИ G 01 N 15/02. Verfahren und Vorrichtung zum Messen der Feststoffkonzentration und der Korngobenverteilung in einer Suspension mittels Ultraschall/Löffler F.(Германия) - № 58730; Заявл. 23.10.84; Опубл. 24.04.86.- 14 с.
6. Hinde A.L. A real-time size analyser for plant use//IFAC Symp. "Automat Mining, Miner. and Metal. Proc." – Sydney. – 1975.- P. 45-47.
7. Пат. 4381674 США, МКИ G 01 N 29/00. Ultrasonic detecting and identifying of particulates/Leigh R. (США). - № 276038; Заявл. 22.06.81; Опубл. 03.05.83. – 6 с.
8. Пат. 4412451 США, МКИ G 01 N 29/00. Method and apparatus for the determination of the average particle size in a slurry/Seppo J. Uusitalo, Georg C. Von Althaus (Финляндия). – № 399002; Заявл. 16.07.82; Опубл. 01.11.83. - 16 с.
9. **Моркун В.С.** Адаптивная система стабилизации гранулометрического состава выходного продукта замкнутого цикла измельчения на базе средств ультразвукового контроля: Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.07. - Кривой Рог, 1984. – 227 с.
10. Пат. 5841336 Япония, МКИ G 01 N 15/07. Particle analyzer/Toua Iyoudenshi, Masayoshi Hayashi (Япония). - № 56139955; Заявл. 04.09.81; Опубл. 10.03.83. – 4 с.

Рукопись поступила в редакцию 18.04.16

УДК 519.242.7

Р.А. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук, проф., Д.А. КРИШКО, канд. техн. наук,
В.О. САВЕНКО, аспирант, Криворожский национальный университет

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ПОДПОРНОЙ СТЕНЫ СПЕЦИАЛЬНОГО ТИПА НА ОСНОВАНИИ ЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ РЕГРЕССИИ

Подпорные стены в настоящее время находят широкое применение не только в гражданском и промышленном строительстве, но и в градостроительном проектировании для сложных ландшафтов. Возникают ситуации строительства объектов в стесненных условиях, на неблагоприятных территориях с активными действующими деформационными воздействиями, что усложняет применение имеющихся типов конструкций подпорных стен. В настоящее время данная проблема актуальна для подрабатываемых территорий и для просадочных грунтов, т.к. при сложных деформациях основания не всегда можно реализовать имеющиеся технические решения в виду их неприспособленности к условиям работы. Существующие конструкции подпорных стен не рассчитаны на дополнительные усилия от горизонтального сдвижения грунта, который вызывает концентрацию напряжений в нижней части лицевой плиты, что соответственно приводит к разрушению конструкции. Поэтому на стадии проектов детальной планировки с целью комплексной защиты населенных пунктов, промышленных объектов, инженерных сетей и транспортных коммуникаций с определенным уровнем безопасности и защиты необходимо использовать инженерные сооружения специального назначения. Поставлена следующая задача: провести исследования с использованием положений теории планирования эксперимента, определить оптимальное конструктивное решение подпорной стены специального типа. Целью исследований является определение такого сочетания факторов, при котором нагрузка на удерживаемый грунт будет максимальной. Для выбора оптимального конструктивного решения подпорной стены специального типа планируется учитывать несколько факторов: контактная площадь опорных призматических участков; объем полостей; угол резанья, градус; вид грунта (в виде удельного сцепления); несущая способность основания. Получен-