

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВИБРОТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И РАЗДЕЛЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ЖИДКОСТИ

У статті описані теоретичні дослідження процесу вібротранспортування і розподілу сипучих матеріалів у рідкому середовищі. Визначені інтенсивності впливу факторів на вихідні показники для процесу вібротранспортування одиначної частки і шару сипкого матеріалу, показані відмінності для даних процесів, зазначено на доцільність обліку загасання амплітуди коливань по висоті шару матеріалу.

ANALYTICAL RESEARCHES OF PROCESS OF VIBROTRANSPORTATION AND SEPARATION OF BULK MATERIALS IN FLUID

In the article the analytical researches of process of vibrotransportation and separation of bulk materials in a fluid medium are described. The intensities of influence of the factors on output parameters for process of vibrotransportation of a single alternate corpuscle and layer of bulk material are determined, the differences for processes are exhibited, is indicated on expediency of the count of decay of oscillation frequency on an height of a layer of a material.

До настоящего времени достаточно хорошо развита теория процесса перемещения единичной частицы по вибрирующей поверхности [1]. В тоже время на практике более широкое распространение имеет процесс перемещения слоя частиц материала, в отношении которого теория до настоящего времени разработана не достаточно. Большинство моделей описывающих поведение единичной частицы с теми или иными допущениями и ограничениями применяются и к процессу перемещения слоя. Замена в исследованиях процесса перемещения слоя материала по вибрирующей поверхности процессом перемещения единичной частицы не позволяет в полной мере изучить его специфику и распространить результаты на более широкий круг решаемых практических задач. Актуальным также является вопрос выделения основных параметров для данных процессов, определения степени их влияния на выходные показатели и в конечном итоге целесообразности применения в инженерных расчетах модели описывающей процесс перемещения слоя материала, в частности процесс его вибротранспортирования и разделения [2, 3].

В [2] описана модель процесса вибротранспортирования единичной частицы по перфорированной поверхности (решете) совершающей направленные колебания в жидкой среде. Основными выходными показателями, определяющими эффективность данного процесса, являются максимальная высота подлета частицы над плоскостью h_{\max} и средняя скорость ее вибротранспортирования $V_{\text{ср.тр.}}$.

Для выявления главных факторов (параметров) и определения их желательных уровней для процесса вибротранспортирования единичной частицы с помощью планов центрального композиционного планирования (ЦКП) были построены регрессионные модели для высоты подлета частицы над плоскостью и

средней скорости вибротранспортирования. Диапазоны варьируемых факторов для плана ЦКП приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Диапазоны варьируемых параметров

Наименование параметра, обозначение	Единицы измерения	Диапазон изменения
1. Амплитуда колебаний, A	м	0,01...0,02
2. Частота колебаний, ω	Гц	3,5...4,5
3. Угол направления колебаний, β	град.	30...60
4. Угол наклона решета к горизонту, α	град.	минус 12...0
5. Характерный размер частиц, D	м	0,002...0,1
6. Плотность вещества частиц, RT	кг/м ³	1500...2300

Диапазоны варьируемых факторов обосновывались следующим образом. Анализ результатов экспериментальных и аналитических исследований показал, что при увеличении амплитуды колебаний скорость вибротранспортирования и эффективность разделения частиц различной плотности на решете вибрационных машин возрастает, поэтому диапазон изменения амплитуды колебаний решета выбран с учетом применения эксцентрикового вибропривода. Как правило, амплитуда колебаний таких приводов не превышает 10-25 мм.

Рациональный диапазон изменения частоты колебаний задан по результатам экспериментальных исследований. В заданном диапазоне достигается наибольшая эффективность разделения частиц материала по плотности.

Угол направления вибрации оказывает влияние как на эффективность разделения частиц материала по плотности, так и на скорость его вибротранспортирования. Наибольшая эффективность разделения частиц достигается при $\beta = 90^{\circ}$, при этом направленное вибротранспортирование частиц отсутствует. Эффективное вибротранспортирование достигается в диапазоне изменения β 30-45° [4]. Учитывая вышеизложенное, рациональный диапазон изменения β задан 30-60°.

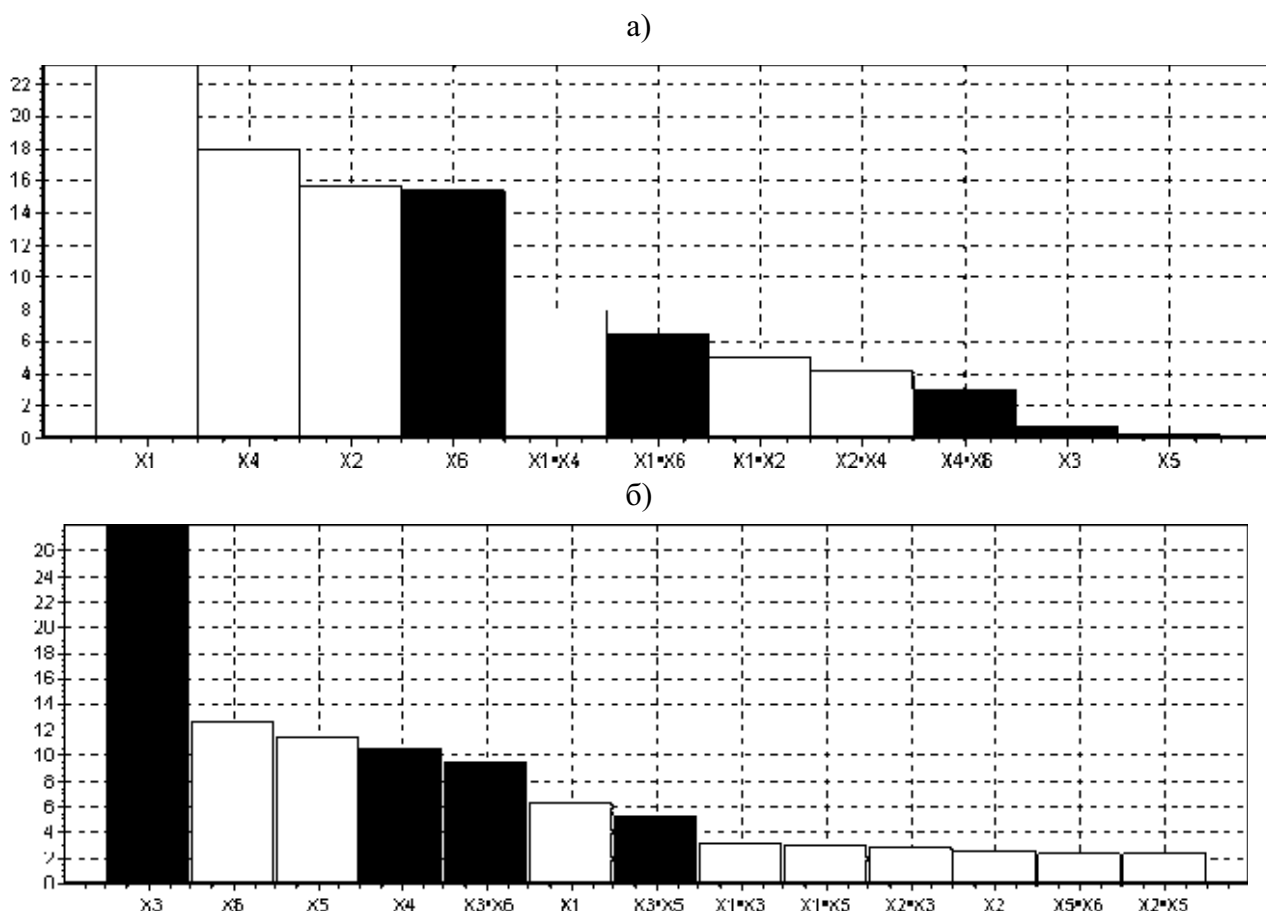
На величину скорости вибротранспортирования материала на решете существенное влияние оказывает угол наклона решета к горизонту. Уклон решета в диапазоне [0-12°] позволит увеличивать скорость вибротранспортирования материала без значительного влияния этого фактора на эффективность разделения частиц материала по плотности.

Диапазон изменения характерного размера частиц и плотности вещества заданы технологическими ограничениями вибрационных методов обогащения, применяемых для обогащения углей крупностью 0,5-150 мм.

На рис. 1 представлены гистограммы интенсивности влияния значимых коэффициентов регрессионной модели на высоту подлета и среднюю скорость вибротранспортирования единичной частицы, причем коэффициенты имеющие обратное влияние на результирующие показатели отмечены на гистограмме темным оттенком.

Анализ данных рис. 1а показывает, что все линейные коэффициенты урав-

нения регрессии значимы, однако интенсивность их влияния на высоту подлета частицы не одинакова. Из шести исходных параметров решающее влияние на высоту подлета имеют четыре параметра: амплитуда колебаний решета в направлении вектора вибраций; угол между направлением вектора вибраций и решетом; частота колебаний; плотность частицы. Влияние угла наклона решета к горизонту и характерного размера частицы на порядок меньше. Определенный уровень влияния имеют и несколько парных коэффициентов модели, причем это те коэффициенты, которые принадлежат парам из первой четверки параметров. Влияние плотности частицы на высоту подлета имеет обратный характер, который также сказывается и на значимых коэффициентах парного влияния с его участием.



X1 - амплитуда колебаний; X2 – частота колебаний; X3 – угол наклона плоскости; X4 – угол вибрации; X5 – диаметр частицы; X6 – плотность вещества

Рис. 1 - Интенсивность влияния значимых коэффициентов регрессионной модели на а) высоту подлета частицы; б) среднюю скорость вибротранспортирования частицы

Полученные результаты для регрессионной модели высоты подлета частицы полностью соответствуют результатам экспериментальных исследований и физическому представлению о процессе вибротранспортирования частицы материала на вибрирующей в жидкости плоскости. Влияние на высоту подлета характерного размера частиц свидетельствует о малости сил поверхностного со-

противления движению частиц со стороны жидкости. При уменьшении диаметра значимость этих сил будет увеличиваться. Увеличение угла уклона решета (свыше заданного диапазона) также приведет к более существенному влиянию угла α на высоту подлета частиц. Менее значительное влияние частоты колебаний в сравнении с амплитудой и углом направления колебаний, по видимому, свидетельствует об относительной малости диапазона задания этого параметра.

Анализ данных рис. 1б показывает, что есть параметр с определяющим влиянием на скорость транспортирования - это угол наклона решета к горизонту. Четыре параметра: плотность частицы; характерный размер частицы; угол между направлением вектора вибраций и решетом; амплитуда колебаний решета в направлении вектора вибраций имеют в половину меньший вклад в скорость транспортирования. Такой же уровень влияния характеризует пара угол наклона решета к горизонту - плотность частицы. Влияние прочих членов модели значительно меньшее, причем сюда входит и частота колебаний. Обратный характер влияния на скорость транспортирования имеют угол наклона решета к горизонту и угол между направлением вектора вибраций и решетом.

Проведенный анализ показывает, что при вибротранспортировании частицы с меньшей плотностью будут подлетать на большую высоту над плоскостью, чем частицы с большей плотностью, при этом скорость их вибротранспортирования будет меньше. При увеличении характерного размера частиц высота подлета практически не изменяется, тогда как скорость вибротранспортирования будет больше у частиц с большим диаметром. Увеличение угла наклона решета приведет только к интенсивному увеличению средней скорости вибротранспортирования частиц и практически не повлияет на высоту их подлета. При увеличении амплитуды колебаний возрастает высота подлета частиц над решетом и менее значительно скорость их вибротранспортирования. Частота колебаний интенсивнее влияет на высоту подлета, чем на скорость вибротранспортирования. Увеличение угла β приводит к возрастанию высоты подлета и уменьшению скорости вибротранспортирования частиц.

Процесс вибротранспортирования и разделения слоя материала в жидкости отличается от процесса вибротранспортирования единичной частицы рядом параметров основными из которых являются:

- функция описывающая гранулометрический состав материала $f(D)$;
- функция описывающая фракционный состав материала $f(RT)$;
- высота слоя транспортируемого материала $H_{сл}$;
- начальное расположение частиц в слое материала h_n ;
- изменение положения частиц в слое в процессе вибротранспортирования h_i .

Показателями, характеризующими в данном случае эффективность процесса являются время (T) и средняя скорость разделения ($V_{ср.р.}$) частиц в слое по их плотности и средняя скорость вибротранспортирования слоя ($V_{ср.мр.}$). Выбор

главного показателя (критерия) эффективности процесса зависит от решаемых инженерных задач. Так, при исследовании процесса вибротранспортирования совместно с процессом разделения критерием завершенности процесса является время полного разделения слоя с заданной точностью разделения (dRT). Критериями согласованности теоретических и реальных экспериментов являются средняя скорость разделения и средняя скорость вибротранспортирования.

На выходные показатели процесса оказывают влияние как параметры режима колебаний грузонесущего органа (A , ω , β и α), которые присущи и процессу перемещения единичной частицы, так и параметры, характеризующие слой материала: гранулометрический и фракционный состав транспортируемого материала начальное и текущее положение частиц в слое, высота слоя ($f(D)$, $f(RT)$, h_n , h_i , H_{cl}). К силам препятствующим вибротранспортированию и разделению слоя материала, помимо сил действующих на единичную частицу, следует отнести сопротивление перемещению частиц слоя окружающими частицами, а также присутствие в слое диссипативных сил характеризующих затухание амплитуды колебаний по высоте слоя материала.

Модель, описывающая процесс вибротранспортирования и разделения слоя материала приведена в [3]. Модель учитывает сопротивление перемещению частиц слоя путем сравнения параметров каждой из частиц с параметрами слоя окружающего данную частицу. В данной модели вводятся не существующие в реальном физическом процессе параметры, учитывающие влияние окружающего частицу слоя материала: HIn - высота подслоя материала окружающего частицу и $f(RT_B)$ - функция, описывающая возможное (прогнозное) состояние слоя материала (его плотностной состав) в зависимости от текущего времени процесса.

Практическое применение данной модели целесообразно для описания процесса вибротранспортирования и разделения слоя сыпучего материала, для которого влияние диссипативных сил незначительно и которыми в инженерных расчетах можно пренебречь. Если же для слоя исследуемого материала затухание амплитуды по высоте значительно, то процесс будет носить отличный характер.

Исследованиями [5] установлено, что зависимость амплитуды от высоты слоя материала описывается экспоненциальной зависимостью. Данную зависимость для i -ой частицы слоя материала можно выразить формулой:

$$A = A_0 \cdot e^{-h_{mek} \cdot r},$$

где A_0 - начальная амплитуда, сообщаемая частицам слоя, м; h_{mek} - текущая высота (положение) i -ой частицы слоя, м; r - интегральный коэффициент, учитывающий в функции изменения амплитуды по высоте слоя ($A = f(h)$) специфические (физико-механические) свойства транспортируемого материала (при $r = 1$ амплитуда зависит только от высоты слоя, при $r < 1$ амплитуда затухает с меньшей интенсивностью, при $r > 1$ - с большей).

С помощью разработанной модели описывающей процесс разделения и вибротранспортирования слоя материала в жидкой среде проведены теоретические исследования данного процесса. Исходные данные по гранулометрическому и фракционному составу исследуемого материала (частиц каменного угля) приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2 - Гранулометрический состав материала

№ фракции	Dmin, м	Dmax, м	%
Фракция 1	0.001	0.005	25.6
Фракция 2	0.005	0.01	14.9
Фракция 3	0.01	0.02	17.9
Фракция 4	0.02	0.05	25.4
Фракция 5	25.4	0.1	9.3
Фракция 6	0.1	0.15	6.9

Таблица 3 - Фракционный состав материала

Вид материала	RTmin, кг/м ³	RTmax, кг/м ³	%
Уголь	1250	1500	25.44
Сростки	1500	1800	0.6
Порода	1800	2300	73.96

Исследовался процесс разделения и вибротранспортирования 75 и 100 частиц выделенных в слое высотой 0,3 м. Проводился факторный эксперимент с применением дробной реплики, оценивалось влияние параметров на выходные показатели процесса: время разделения, среднюю скорость разделения и среднюю скорость вибротранспортирования. В табл. 4 приведены исходные данные планирования факторного эксперимента с применением дробной реплики типа 2⁷⁻³.

Таблица 4 - Исходные данные планирования эксперимента типа 2⁷⁻³

Наименование фактора (обозначение)	Ед. изм.	Основной уровень	Интервал варьирования	Нижний уровень	Верхний уровень
1. Амплитуда колебаний, A (X1)	м	0,02	0,01	0,015	0,025
2. Частота колебаний, ω (X2)	рад/с	26	4	24	28
3. Угол направления вибраций, β (X3)	град	52,5	15	45	60
4. Разность плотностей (точность разделения), dRT (X4)	кг/м ³	125	50	100	150
5. ½ высоты контролируемого подслоя, HIn (X5)	м (% от высоты слоя)	0,0375 (12,5)	0,015 (5)	0,03 (10)	0,045 (15)
6. Угол наклона плоскости к горизонту, α (X6)	град	-6	12	-12	0
7. Функция определения плотности базовой частиц характеризующей окружающей текущую частицу слой, $f(RT_B)$ (X7)	(задается по точкам)	X=70; Y=30	X=40; Y=40	X=50; Y=50	X=90; Y=10

Факторные эксперименты проводились для 75 и 100 выделенных в слое частиц с учетом затухания амплитуды по высоте слоя (с подключением алгоритма учитывающего рассеивание энергии по высоте слоя) и без учета затухания амплитуды (при отсутствии учета рассеивания энергии): эксперименты № 1 и 3 – соответственно для 75 и 100 частиц без учета затухания амплитуды по высоте слоя; эксперименты № 2 и 4 – для 75 и 100 частиц с учетом затухания амплитуды по высоте слоя.

На рис. 2 представлено изменение выходных показателей процесса на каждом шаге экспериментов № 1-4.

Данные рис. 2 свидетельствуют о следующем: введение алгоритма учитывающего затухание амплитуды по высоте слоя позволило уменьшить значения средней скорости вибротранспортирования во всем диапазоне факторов; значительное отличие выходных показателей T и $V_{ср.р.}$ наблюдается при нижних уровнях факторов.

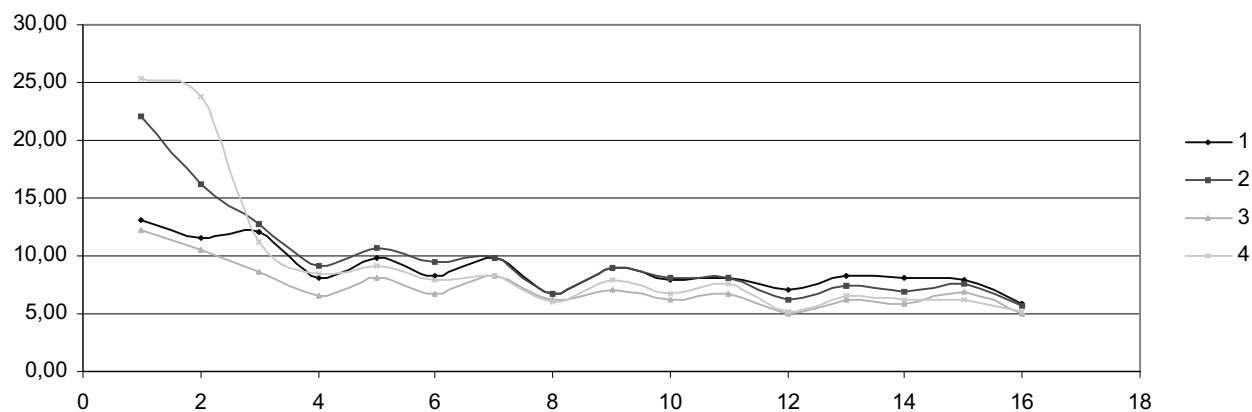
Проведенные эксперименты позволили получить следующие уравнения регрессии для выходных показателей (t-критерий Стьюдента для $f=8$ степеней свободы ($f=16$ опытов – 7 факторов - 1) и 5%-м уровне значимости равен 2.31; по F-критерию Фишера все отклики адекватно описываются линейными полиномами.):

$$\begin{aligned}
 T1 &= 29.3321-219.26X1-0.3705X2-0.0857X3-0.0364X4+48.9316X5+0.08454X6+0.01788X7; \\
 V_{ср.р1} &= 0.0095+0.22998X1+0.00034X2+9.2E-05X3+1E-05X4-0.0195X5-5E-05X6-1E-05X7; \\
 V_{ср.тр1} &= 0.00078+5.64293X1+0.00639X2-0.0024X3+1.7E-05X4+0.04443X5-0.0077X6-1E-05X7; \\
 T2 &= 55.5786-474.98X1-0.8508X2-0.1963X3-0.0475X4+73.5532X5+0.20414X6+0.00725X7; \\
 V_{ср.р2} &= -0.02+0.37245X1+0.00052X2+0.00013X3+1.3E-05X4-0.0023X5-7E-05X6-1E-05X7; \\
 V_{ср.тр2} &= -0.0506+5.39322X1+0.00849X2-0.0025X3+4.4E-06X4-0.0429X5-0.0076X6+9.7E-06X7; \\
 T3 &= 26.7772-227.67X1-0.3027X2-0.0801X3-0.0309X4+18.3883X5+0.07753X6+0.0111X7; \\
 V_{ср.р3} &= -0.0077+ 0.26901X1+0.00023X2+7.7E-05X3+6.1E-06X4-0.01395X5-5E-05X6-8E-06X7; \\
 V_{ср.тр3} &= 0.00693+ 6.00469X1+0.00601X2-0.0024X3+4.5E-05X4+0.02196X5-0.0079X6-1E-05X7; \\
 T4 &= 74.3487-606.81X1-1.2716X2-0.2955X3-0.032X4+27.4266X5+0.35608X6+0.01379X7; \\
 V_{ср.р4} &= -0.0203+0.35021X1+0.00054X2+0.00013X3+2.6E-06X4-0.00471X5-9E-05X6-7E-06X7; \\
 V_{ср.тр4} &= -0.0453+5.3876X1+0.00833X2-0.0025X3+1.2E-05X4+0.04716X5-0.0078X6-6E-06X7.
 \end{aligned}$$

На рис. 3, 4, 5 приведены интенсивности влияния факторов на выходные показатели (отклики) для экспериментов № 1-4 (факторы, оказывающие отрицательное влияние на отклики выделены темным оттенком).

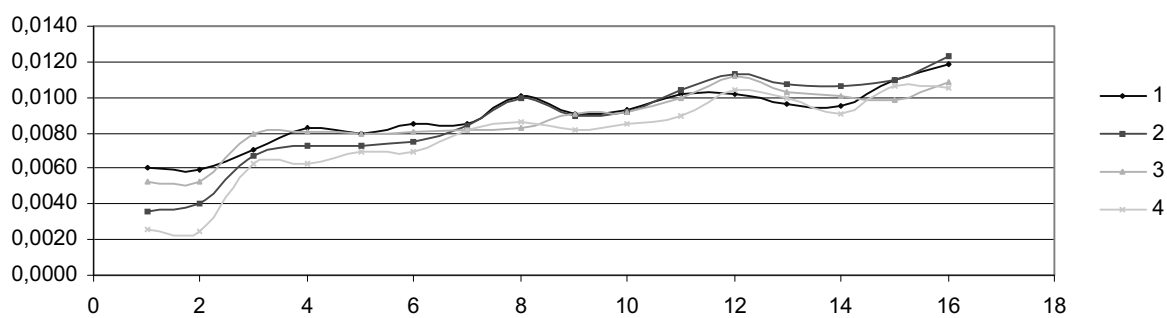
а)

T



б)

$V_{cp.p.}$



в)

$V_{cp.тр.}$

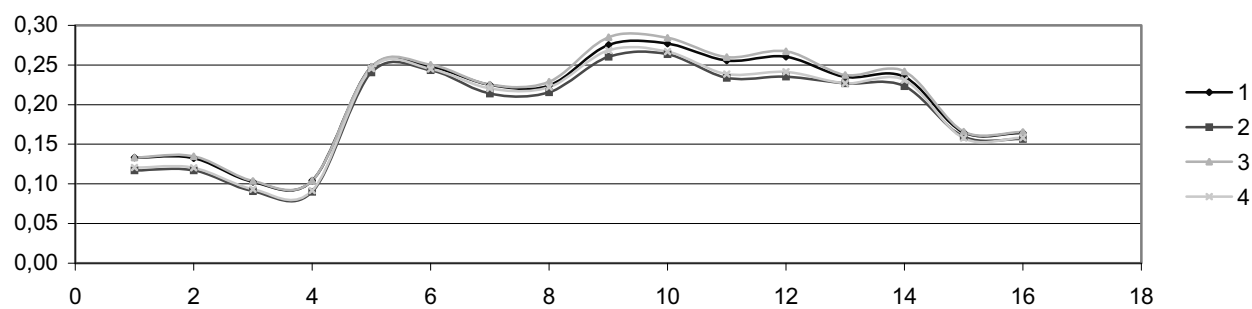


Рис. 2 - Изменение выходных показателей (откликов) на каждом шаге факторного эксперимента а) времени разделения (T), с; б) средней скорости разделения ($V_{cp.p.}$), м/с; в) средней скорости вибротранспортирования ($V_{cp.тр.}$), м/с

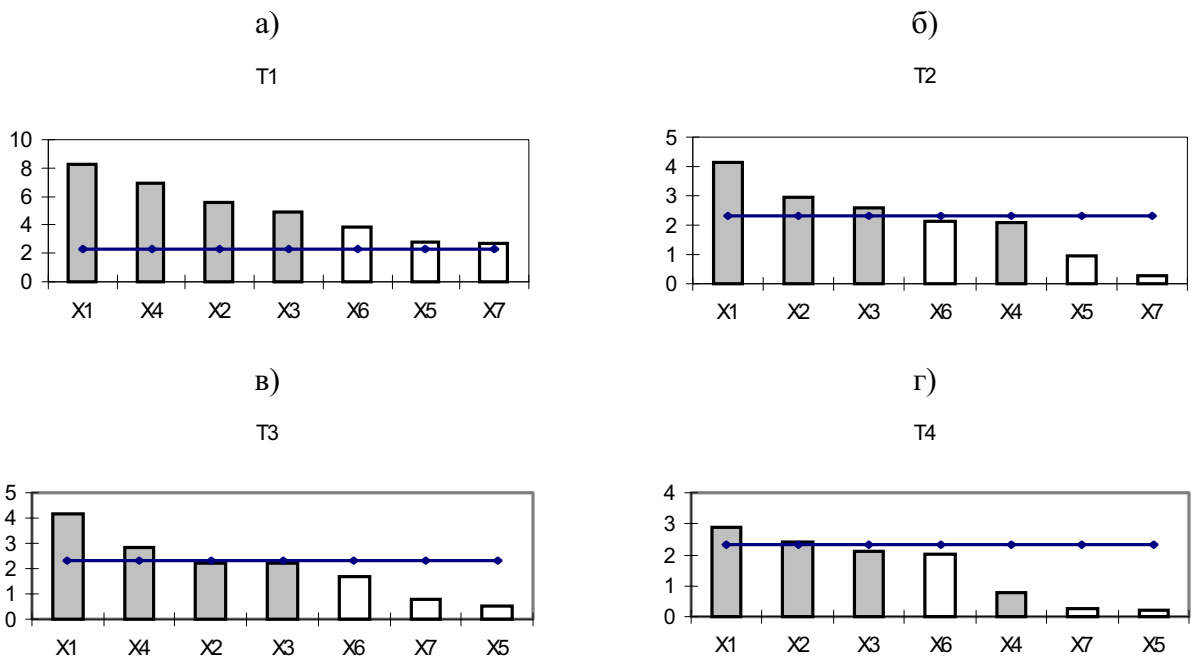


Рис. 3 – Интенсивности влияния факторов на время разделения (T) для экспериментов а) - № 1; б) – № 2; в) – № 3; г) - № 4

Анализ полученных результатов свидетельствует о следующем. На продолжительность процесса (время разделения (T)) в эксперименте 1 оказывают влияние все факторы, причем наибольшее влияние имеют X1, X4, X2 и X3, увеличение значений для данных факторов снижает время разделения, факторы X6, X5 и X7 оказывают меньшее влияние на функцию отклика T , причем увеличение их значений увеличивает время разделения. В эксперименте 3 интенсивность влияния факторов такая же, однако их значимость меньшая, чем в эксперименте 1. В эксперименте 2 на функцию отклика T наибольшее значение оказывают факторы X1, X2 и X3, факторы X6, X4 находятся на границе уровня значимости, а X5 и X7 оказались незначимыми, в эксперименте 4 значимость факторов ниже. Желательные уровни для факторов в экспериментах 1, 3 и 2, 4 совпадают. Основное отличие состоит в том, что фактор X4 в экспериментах 2, 4 является 5-м по значимости, в то время как в экспериментах 1, 3 – 2-м.

На среднюю скорость разделения ($V_{ср.р.}$) доминирующее влияние оказывает фактор X1 - амплитуда колебаний. Также значимыми во всех случаях являются X2 и X3, значимость X6 и X4 меньше, факторы X7 и X5 во всех случаях оказались незначимыми. Уровни факторов также совпадают – увеличение значений X1, X2, X3 и X4 повышает среднюю скорость разделения, а увеличение значений X6, X7 и X5 – снижает.

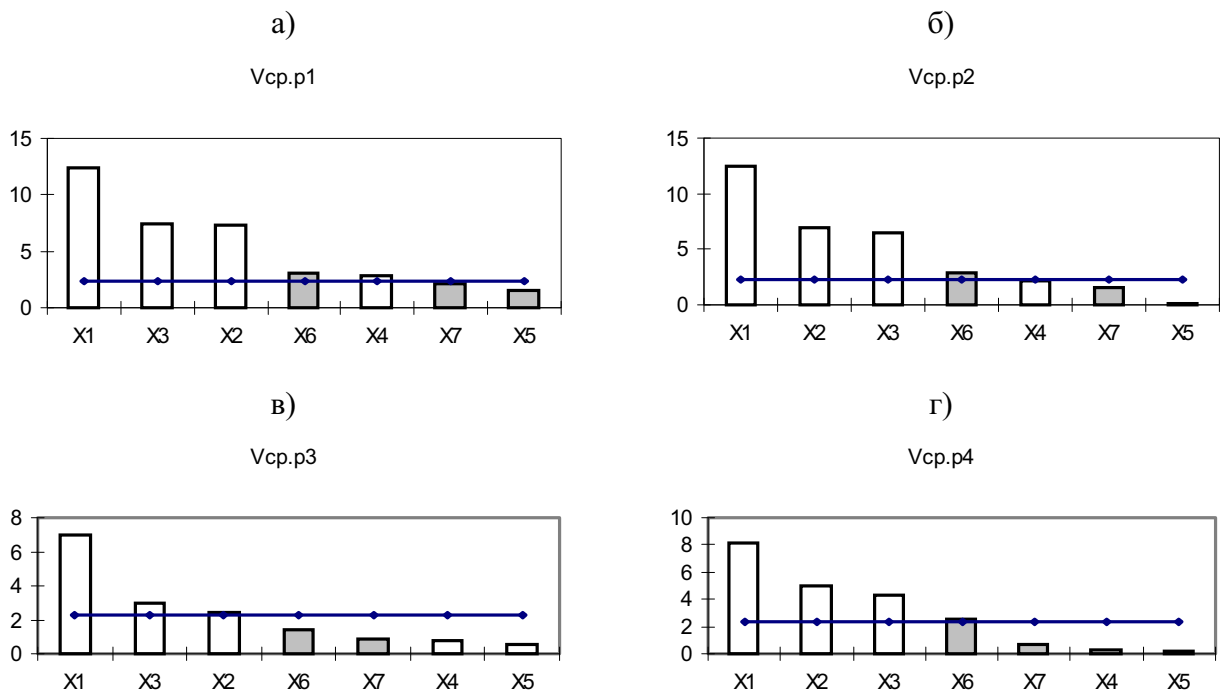


Рис. 4 – Интенсивности влияния факторов на среднюю скорость разделения ($V_{cp.p.}$) для экспериментов а) - № 1; б) – № 2; в) – № 3; г) - № 4

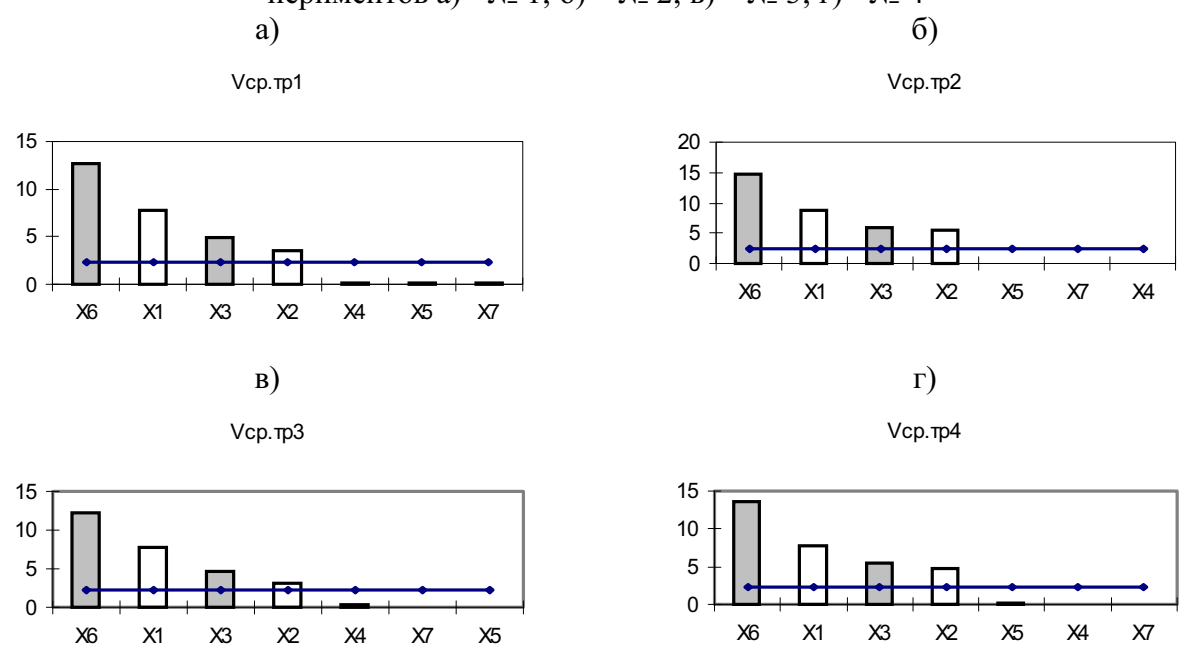


Рис. 5 – Интенсивности влияния факторов на среднюю скорость вибротранспортирования ($V_{cp.mp.}$) для экспериментов а) - № 1; б) – № 2; в) – № 3; г) - № 4

Для средней скорости вибротранспортирования ($V_{cp.mp.}$) во всех случаях значимыми оказались X6, X1, X3 и X2, факторы X4, X5 и X7 не оказывают влияния на данный отклик. Во всех экспериментах вклад фактора X6 – угол наклона плоскости к горизонту является наибольшим. Желательные уровни главных факторов по данному отклику также совпадают – увеличение значений X1 и X2

увеличивают скорость вибротранспортирования, увеличение значений X_6 и X_3 – снижает.

На основе вышеизложенного для проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы:

- учет затухания амплитуды колебаний по высоте слоя (рассеивание энергии) практически не изменило общую картину процесса: для всех откликов в большинстве случаев совпадают значимости факторов и во всех случаях совпадают их желательные уровни, отличие заключается в уменьшении влияния фактора X_4 (точность разделения) во 2-м и 4-м экспериментах;

- наибольшее влияние на отклики оказывают параметры процесса (X_1 – амплитуда, X_2 -частота, X_3 – угол вибрации и X_6 – угол наклона плоскости к горизонту), на все отклики практически не оказывают влияние факторы X_5 – высота контролируемого подслоя и X_7 – вид функции перехода в определении плотности базовой частицы. Можно говорить, что данные факторы (параметры модели), которые не существуют в реальных условиях, обеспечивают адекватность (соответствие) моделируемого процесса - реальному физическому процессу;

- доминирующее влияние на отклики оказывает параметр X_1 – амплитуда колебаний. Можно говорить, что данный параметр является определяющим в процессе разделения и вибротранспортирования слоя материала (также как и для процесса вибротранспортирования единичной частицы). Однако необходимо отметить, что для слоя материала X_1 оказывает большее влияние на выходные показатели, чем для процесса транспортирования единичной частицы. Данный факт указывает на целесообразность варьирования данным параметром и учета в модели процесса рассеивания энергии с учетом специфических особенностей (физико-механических свойств) транспортируемого материала;

- количество исследуемых (выделенных) в слое частиц практически не влияет на характер процесса.

Проведенные исследования позволили также выделить отличия в характере процесса разделения и вибротранспортирования без учета затухания амплитуды по высоте слоя (рассеивания энергии) и с учетом затухания амплитуды.

На рис. 6 представлены последняя фаза анимации процесса разделения и вибротранспортирования слоя материала без учета и с учетом затухания амплитуды.

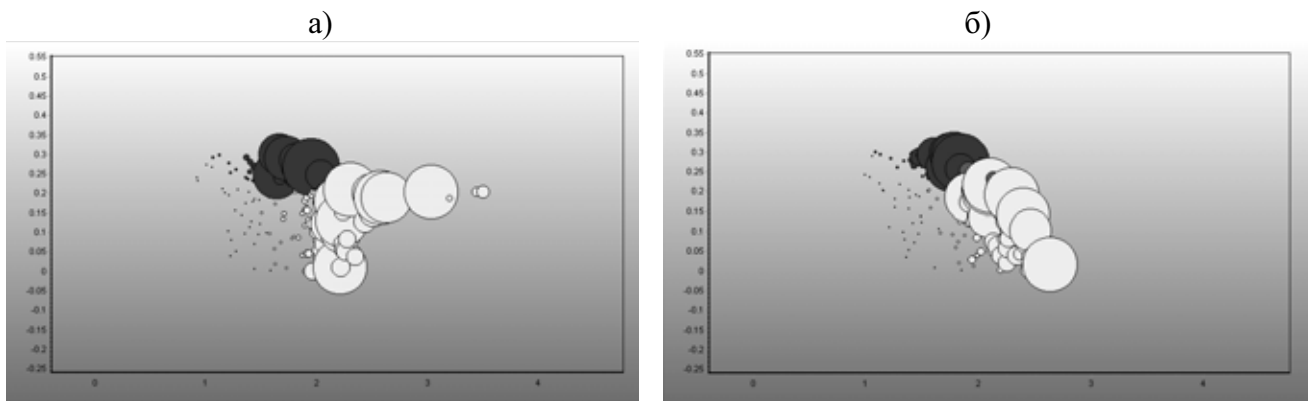


Рис. 6 - Последняя фаза анимации процесса разделения и вибротранспортирования слоя 150-ти частиц высотой 0.3 м а) без учета затухания амплитуды; б) с учетом затухания амплитуды

На рис. 7 представлены графики распределения энергии по монослоям и в целом по слою во времени.

Данные рис 6 свидетельствуют об изменении характера процесса с введением дополнительного алгоритма: процесс носит более упорядоченный характер, наблюдается относительное движение монослоев материала, уменьшается абсолютное значение перемещения всего слоя материала.

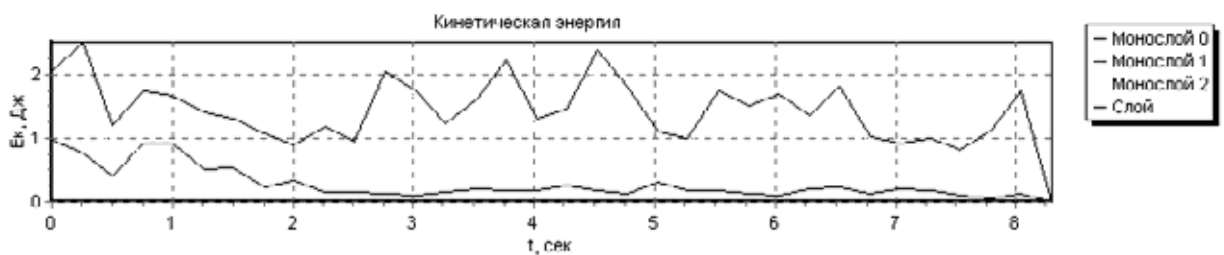
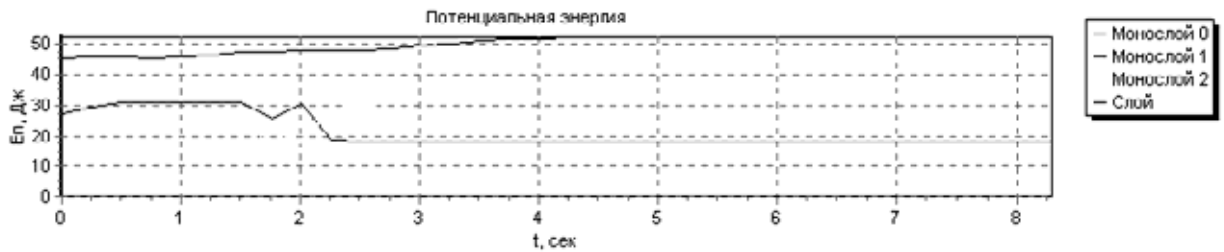
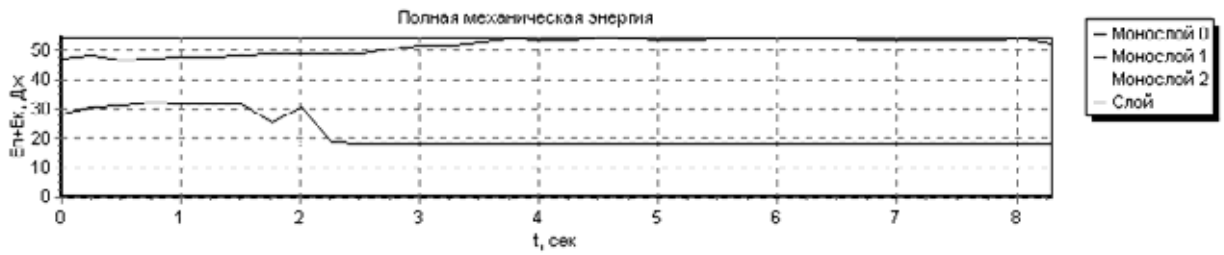
Данные рис. 7 показывают, что функции описывающие изменение энергии по монослоям и в целом по слою более сглажены во втором случае (особенно это касается кинетической энергии).

На рис. 8 представлены траектории движения частиц.

Данные рис. 8. свидетельствуют о схожести траекторий движения частиц, однако во втором случае траектории более сглажены (не наблюдается резких скачков в движении частиц). Во втором случае траектории сжаты по координате X (перемещение вдоль плоскости транспортирования).

Проведенные теоретические исследования процесса разделения и вибротранспортирования сыпучих материалов в жидкости позволили выделить интенсивности влияния факторов на выходные показатели процесса применительно к единичной частице и слою сыпучего материала. Полученные результаты позволили указать отличия в процессах вибротранспортирования единичной частицы и слоя материала, а также указали на целесообразность учета затухания амплитуды (рассеивания энергии) в процессе вибротранспортирования слоя материала.

а)



б)

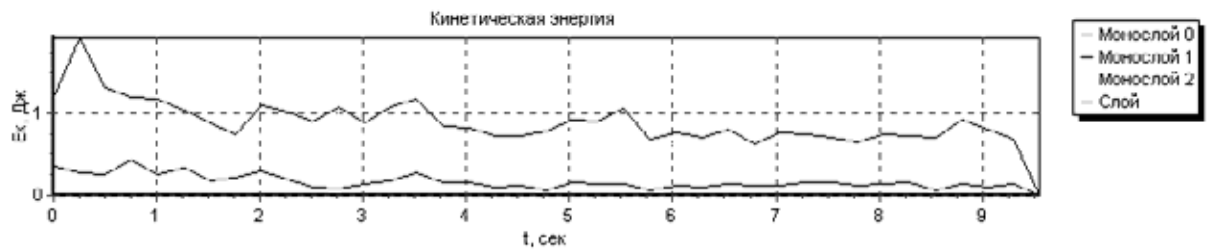
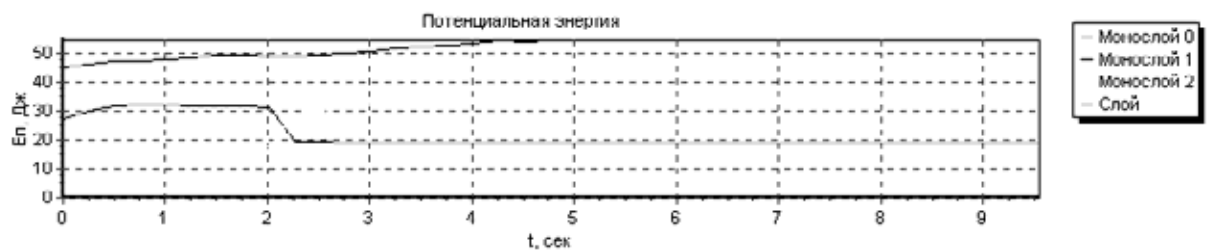
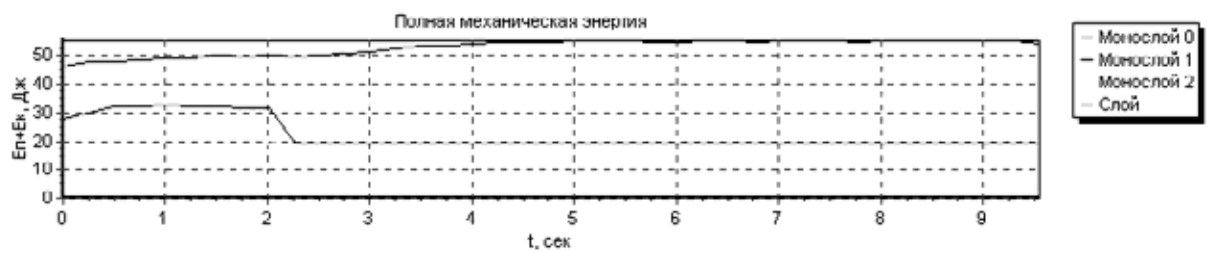
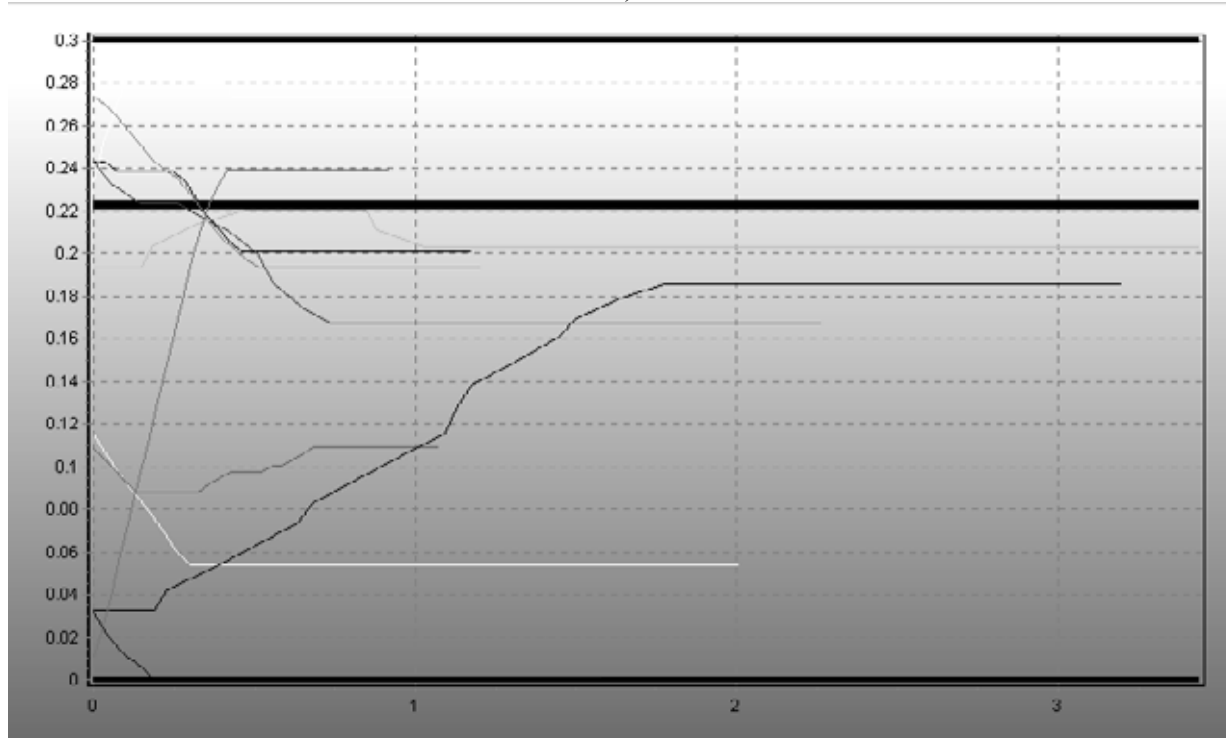


Рис. 7 - Графики распределения энергии по монослоям и в целом по слою во времени а) без учета затухания амплитуды; б) с учетом затухания амплитуды

а)



б)

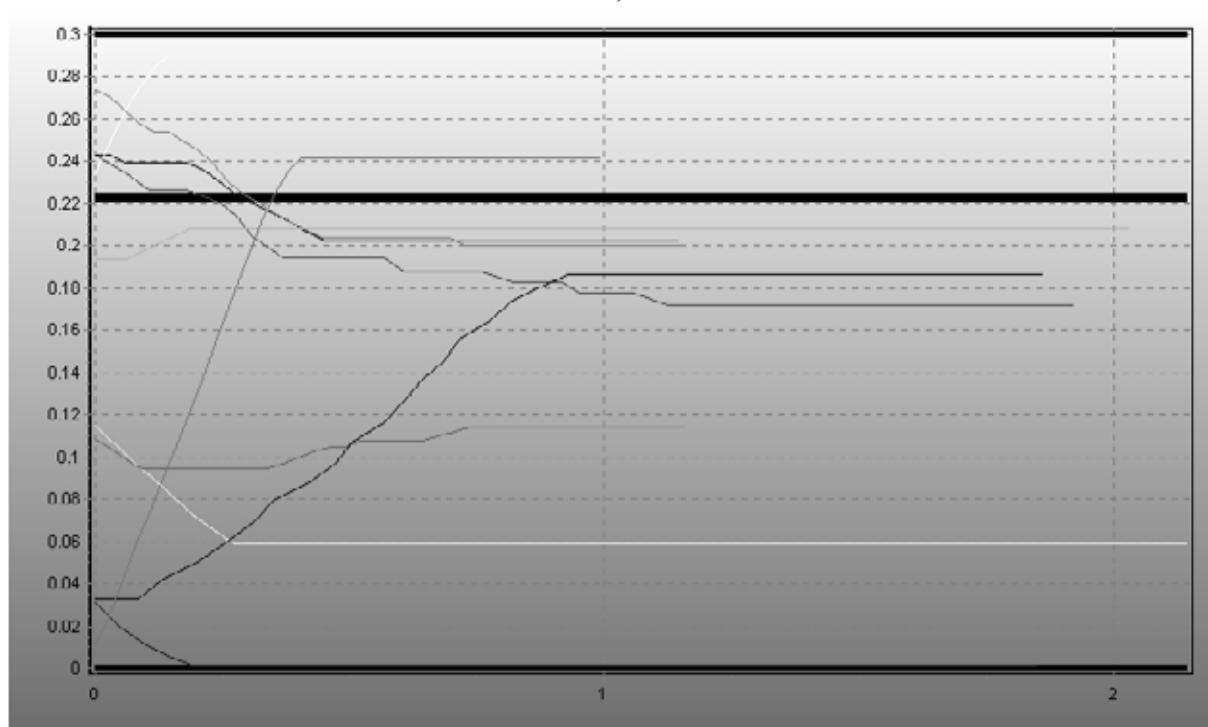


Рис. 8 - Траектории движения частиц а) без учета затухания амплитуды; б) с учетом затухания амплитуды

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю. Вибрационное перемещение: -М.: Наука, 1964. - 410 с.
2. Шевченко Г.А. О выборе параметров колебаний вибромашин при транспортировании материалов в жид-

ких средах // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / Институт геотехнической механики НАН Украины. – Дн-ск, 1999. – Вып. 16. – с. 98-106.

3. Шевченко Г.А., Шевченко В.Г. Разработка и реализация математической имитационной модели вибротранспортирования и разделения слоя сыпучего материала в жидкой среде // Сборник научных трудов НГУ № 17, том 1. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. – с. 611 – 617.

4. Потураев В.Н., Франчук В.П., Червоненко А.Г. Вибрационные транспортирующие машины. - М.: Наука, 1964 - 266 с.

5. Гончаревич И.Ф. Виброреология в горном деле. -М.: Наука, 1977. - 144 с.

УДК 621.313.33-52

С.М. Пилипчук

О ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПРИВОДА С ЛИНЕЙНЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ.

У статті розглянуто основні електричні параметри лінійного асинхронного електродвигуна, при використанні якого з'являється можливість автоматизації процесу гальмування транспортної системи з конвеєрним поїздом.

ON TRANSPORT SYSTEM AUTOMAT CONTROL OPPORTUNITY WITH LINEAR ELECTRIC DRIVE

The base electric linear asynchronous motor parameters are considered and automatic transport system braking process with linear electric drive is presented.

Для решения транспортных задач будущего требуется своевременное и целесообразное проведение поисковых работ, направленных на создание принципиально новых способов, в частности, транспорта с линейными электродвигателями. Отсутствие сложного механического привода, независимость тягового усилия от сил сцепления, простота и надежность изоляции и уплотнения, позволяющие установить статор двигателя в условиях агрессивной среды, исключение вибрации и шума, большой срок службы, возможность автоматизации – это основные факторы реализации приводов с линейными электродвигателями.

С целью научных исследований нового типа транспорта на Рыбальском гранитном карьере был создан опытно-промышленный участок для транспортирования горной массы конвейерным поездом с приводом линейными двигателями (ЛАД).

Для рассмотрения электрических параметров линейного электродвигателя составим схемы замещения (рис. 1, рис.2), которые удовлетворяют его для данного случая.